

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pembangunan di sektor pertanian Indonesia merupakan yang terpenting dari keseluruhan pembangunan di Indonesia. Alasan yang mendasari pentingnya pertanian di Indonesia: (1) potensi sumber daya yang besar dan beragam, (2) pangsa terhadap pendapatan nasional cukup besar, (3) sebagian besar penduduk mata pencarian pada sektor pertanian dan (4) menjadi basis pertumbuhan di pedesaan (Kastono, 2005). Untuk meningkatkan produktivitas pertanian diperlukan usaha perbaikan teknik budidaya. Salah satu usaha tersebut adalah dengan melakukan pemupukan yang efektif pada media tumbuh tanaman. Adapun dua tujuan utama pemupukan adalah: (1) mengisi perbekalan zat makanan tanaman yang cukup, dan (2) memperbaiki atau memelihara keutuhan kondisi tanah, dalam hal struktur, kondisi pH, potensi pengikat terhadap zat makanan tanaman.

Kenyataan dilapangan, penggunaan pupuk di persawahan Indonesia sangat boros, sehingga trilliunan rupiah terbuang sia-sia. Petani pun harus menanggung biaya yang cukup besar untuk membeli pupuk yang digunakan untuk menyuburkan tanaman. Kendala yang terjadi pada pupuk dan harus diperhatikan dimana pupuk yang disebarkan pada tanaman tidak semua dapat diserap oleh tanaman, hanya sekitar 20-70% dari pupuk akan mengalami degradasi atau terbawa hanyut oleh air tanah, sehingga pemupukan tidak efisien dan akan mencemari lingkungan dengan kandungan N, P, dan K (Shaviv, 1993). Oleh karena itu perlu dikaji cara lain agar unsur hara yang terdapat pada pupuk dapat dilepaskan secara perlahan dan terus-menerus dalam jangka waktu tertentu, sehingga kehilangan unsur hara akibat pencucian oleh air lebih kecil. Salah satu

cara untuk meningkatkan efisiensi pupuk urea yaitu dengan melapisi urea menggunakan polimer yang dikenal dengan *slow release fertilizer*.

Penggunaan *slow release* menjadi populer untuk menghemat konsumsi pupuk dan meminimalisasi pencemaran lingkungan (Tomaszewska dan Jarosiewicz, 2003). Penggunaan *slow release* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis (Shaviv, 2005) yaitu: (1) bahan anorganik kelarutan rendah, seperti logam amonium fosfat, material yang secara kimia maupun biologis terdegradasi, seperti urea formaldehid, material yang dapat terurai dalam tanah secara bertahap; (2) pupuk yang larut dalam air secara terkontrol secara fisik, seperti pupuk terlapis. Banyak material yang bisa digunakan sebagai pelapis, seperti polisulfon, polyvinyl chloride, plastik. Namun, setelah pelepasan pupuk sisa bahan pelapis sulit untuk terurai dan terakumulasi dari waktu ke waktu yang dapat menjadikan sumber polusi baru. Oleh karena itu, dibutuhkan pelapis yang mudah terurai dan aman terhadap lingkungan.

Pelapisan urea telah dipelajari oleh banyak peneliti. The Tennessee Valley Authority (TVA) pertama kali mengembangkan proses pelapisan urea dengan sulfur secara kontinu pada *rotary drum* (Blouin et al, 1971). Suatu proses manufaktur *sulfur-coated urea* menggunakan *spouted bed* dikembangkan oleh (Meisen dan Mathur, 1978). (Salman, 1988, 1989) melakukan pelapisan urea dengan polietilen. (Posey dan Hester, 1991) mengembangkan sebuah *film low density* polietilen untuk urea berpelepasan terkontrol. (Tangboriboorant et al., 1996) mengembangkan *encapsulated urea* dengan lateks. (García et al., 1996) menggunakan kraft lignin pohon pinus dalam perumusan untuk melapisi urea. (Abraham dan Pillai, 1996) memperoleh pupuk urea pelepasan terkontrol dengan kopolimer akrilamida.

Inovasi dasar dari penelitian ini adalah banyak pelapisan pupuk yang menggunakan polimer tidak *biodegradable* sehingga merugikan lingkungan. Di samping itu, biaya produksi yang digunakan juga relatif besar. Pada penelitian ini menggunakan amilum sebagai pelapis urea yang merupakan polimer

*biodegradable* termurah dan mudah di dapat, sedangkan acrylic maupun Polivinyl alkohol (PVA) digunakan sebagai *superabsorbent* yang akan mengatur penyerapan air dalam pupuk yang sudah terlapisi.

Akhir-akhir ini banyak penelitian yang menggunakan amilum sebagai polimer pelapis. Di samping keberadaanya yang sangat melimpah dan termasuk biopolimer termurah, amilum juga *biodegradable* sehingga dipastikan ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mempelajari efektivitas penggunaan pupuk urea yang sudah dilapisi amilum dengan acrylic maupun PVA sebagai absorbentnya. Proses dilakukan dengan metode Fluidized Bed Spray Coating (FBSC).

Penelitian mengenai pelapisan urea menggunakan *wheat straw* (gandum) dan poly(acrylic acid) untuk menghasilkan *superabsorbent* urea (Liang, 2009). Pada penelitian menggunakan bahan tambahan berupa Ammonium persulphate dan N-N'-Methylene-bisacrylamide yang berfungsi sebagai inisiator pelapis, pelarutan membutuhkan temperatur 70°C. Metode yang digunakan adalah metode perendaman yang kemudian dikeringkan dengan menghilangkan kandungan air. Pada penelitian lain (Han, 2007) yang telah dilakukan mengenai pengujian enkapsulasi polimer amilum/PVA untuk mengurangi penggunaan pupuk dan meminimalkan pencemaran lingkungan. Lapisan film amilum/PVA dapat berbaaur dengan lingkungan tanah. Pada penelitian ini, terjadi penurunan berat lapisan film amilum/PVA (amilum:PVA/7:3) yang berlawanan dengan 10 wt% Formaldehid terjadi selama 50 hari pada lingkungan tanah. Pembuatan CRF dengan pelapis polisulfan dan amilum sebagai bahan tambahan (Tomaszewska, 2003). 18 wt% polisulfon dan 0,5 – 2 wt% amilum sebagai pelapis dengan menggunakan teknik inverse fasa pada temperatur 294 K (21°C). Peningkatan amilum dalam larutan pelapis maka meningkatkan poros pelapis serta kemampuan hidropilik yang mana dapat memperlambat pelepasan macroelement urea.

Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan pelapisan urea dengan menggunakan amilum, polimer serta bahan tambahan Polyethylene Glikol (PEG)

dan metode FBSC dimana bahan tambahan tersebut lebih mudah di dapatkan dan pelarutan dalam pelapis dapat dilakukan pada suhu kamar, fungsi yang diberikan pun juga sama. Metode FBSC juga memberikan hasil produk yang lebih bagus, karena lapisan yang dihasilkan lebih merata. Pengkajian pembuatan partikel urea yang dilapisi dengan polimer akrilik/amilum/PEG dan polimer PVA/amilum/PEG sebagai kontrol lepas lambat dengan menggunakan *Fluidized Bed Spraying Methode*.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Penelitian ini mencoba untuk mengkaji pembuatan pupuk terkontrol berpelapis polimer polyacrylic/PEG/amilum dan polimer PVA/PEG/amilum dan juga dimaksudkan untuk mengkaji perkembangan pengetahuan tentang proses pelapisan urea menjadi granular produk dengan metoda FBSC. Masalah penelitian ini adalah fenomena proses pelapisan polymer polyacrylic/PEG/amilum dan PVA/PEG/amilum termodifikasi dikonversi menjadi urea granular pada metoda spraying tergantung pada beberapa variabel, yaitu temperatur udara masuk, konsentrasi bahan coating, persen pelapis yang akan digunakan sebagai parameter karakteristik kinerja alat. Sementara itu, dissolution rate, dustiness, SEM analisa dari produk akan digunakan sebagai parameter kualitas produk.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan umum studi ini adalah untuk mengkaji bagaimana proses perubahan partikel dan bentuk pelapisan urea dengan polymer polyacrylic dan polivinil alcohol(PVA)), amylum, dan polyethylene glykol (PEG). Adapun, tujuan khusus yang ingin dicapai adalah:

1. Mengkaji pengaruh suhu *fluidized bed*, konsentrasi polyacrylic, konsentrasi PVA, dan konsentrasi amilum terhadap *dissolution rate*, *dustiness*, persen pelapisan dan struktur mikroskopis.

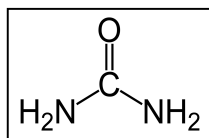
2. Mengkaji perbedaan dissolution rate dan struktur mikroskopis antara urea tanpa pelapisan dan urea yang sudah dilapisi
3. Mengkaji pengaruh stabilitas panas dari urea tanpa pelapis dan urea yang sudah dilapisi

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Urea

Urea (*carbamide*) merupakan padatan kristalin putih dengan rumus kimia  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , yang sebagian besar kandungannya adalah nitrogen. Urea ini biasanya dalam bentuk curah dan butiran. Senyawa urea memiliki berat jenis 1,3 g/l dengan titik leleh  $133^\circ\text{C}$ . urea larut dalam air tetapi tidak larut dalam pelarut organik. Senyawaan nitrogen ini juga merupakan produk akhir dari metabolisme yang disekresikan oleh mamalia, dan disintesis dalam daur urea (reaksi biokimia yang mengubah amoniak menjadi urea). Urea juga disintesis dalam skala industri dari amoniak dan karbondioksida untuk digunakan dalam resin urea-formaldehid (resin sintetik yang mengandung gugus ulang  $(-\text{NH}-\text{CO}-\text{O}-)$  dan obat-obatan, pupuk nitrogen.



Gambar 2.1. Struktur Urea (Carbamide)

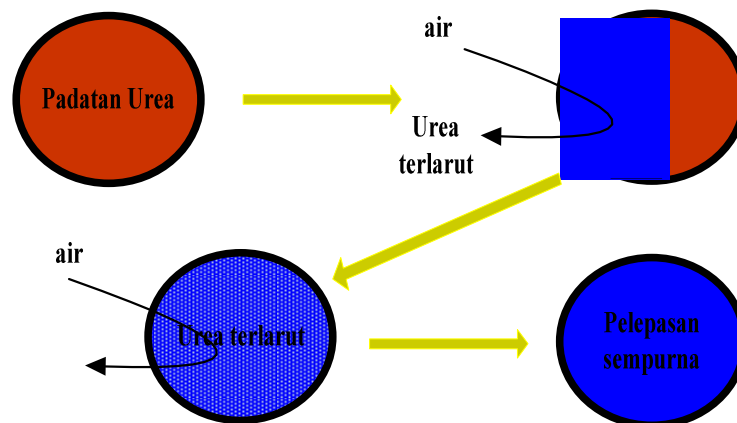
Urea merupakan material kering dalam bentuk butiran atau curah, urea-N secara cepat terhidrolisis menjadi  $\text{NH}_4^+$ . Pupuk ini sering digunakan untuk aplikasi langsung dalam pupuk campuran, dan dalam larutan nitrogen. N (Nitrogen) yang pada aplikasi ini berwujud sebagai urea-N, dan sekitar 66% dari urea-N dihidrolisa menjadi Ammonia-N dalam penggunaan 1 hari hingga 1 minggu. Reaksi urea terhidrolisis dalam air sebagai berikut:



## 2.2. SRF (*Slow Release Fertilizer*)

*Slow* maupun *control release fertilizer* merupakan sebuah pupuk yang mengandung hara dalam bentuk menunda ketersediaannya untuk penyerapan tanaman. Prinsip SRF adalah pengaturan pelepasan nutrient dari pupuk untuk melindungi pupuk yang terlarut secara konvensional dengan pelapisan perlindungan dari bahan semipermeabel, tidak larut dengan air atau bahan berpori yang permeable. Pengontrolan tersebut meliputi kecepatan air dan kecepatan pemisahan serta kebutuhan dari pelepasan nutrisi pupuk.

*Slow realese fertilizer* khususnya PCU (*polimer coating urea*) dapat melepaskan nutrisi yang terkandung dengan bantuan mikroorganisme ataupun kontak antara air dengan zat pelapis, sehingga menyebabkan tekanan internal untuk mengganggu membran dan melepaskan nutrisi yang tertutup. Nitrogen dilepaskan ketika segel rusak atau oleh difusi melalui pori-pori di lapisan. Jadi, tingkat pelepasan pupuk ini tergantung pada suhu, kelembapan dan tebal lapisan. Nitrogen pada PCU dilepaskan lebih mudah dalam suhu hangat dan tanah kering, keuntungan dari ini adalah bahwa akar tanaman umumnya paling aktif di tanah yang hangat.



Gambar 2.2 Mekanisme pelepasan nutrisi dalam PCU

Manfaat Slow Release Fertilizer dalam berbagai aspek, diantaranya adalah:

#### 1. Aspek Ekonomi

Pupuk yang diserap tanaman hanya 30%-40%, hal ini dikarenakan proses release urea cepat sehingga urea yang diberikan terbawa air maupun udara. Oleh karena itu, dengan teknologi SRF menggunakan polimer dapat memberikan keuntungan ganda. Keuntungan yang didapat adalah tidak perlu ada lagi subsidi urea dan proses penyerapan unsur hara N oleh tanaman meningkat karena pelepasan urea lebih lama (Shoji dan Gandeza, 1992).

#### 2. Aspek Fisiologis

Ada beberapa keuntungan agronomi, terkait dengan perbaikan kondisi untuk pertumbuhan tanaman, antara lain :

- a. Pasokan nutrisi lebih, karena pelepasan unsur haranya terkontrol dan pasokan nutrisi di sekitar akar terpenuhi (Shaviv dan Mikkelsen, 1993; Trenkel, 1997).
- b. Penggunaan CRF meningkatkan perkecambahan dan kualitas tanaman dengan berkurangnya gangguan pada daun, patah batang dan infestasi penyakit (Trenkel, 1997).
- c. Ammonium dapat meningkatkan ketersediaan Fe dalam tanah akibat pengasaman sehingga unsur hara tambahan diperoleh tanaman (Marshner, 1986).

#### 3. Aspek Lingkungan

SRF tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi dalam pemupukan, tetapi juga mengurangi dampak terhadap lingkungan dan kontaminasi air tanah. Nitrogen yang terlarut dalam air akan bermuara di suatu tempat secara berlebih yang akan menyebabkan tumbuhnya ganggang dan alga (eutrofikasi). Jumlahnya yang besar menghalangi sinar matahari untuk mencapai dasar, mereka juga merebut pasokan oksigen yang dibutuhkan oleh spesies lain yang ada dalam ekosistem tersebut sehingga dapat mengganggu



keseimbangan rantai makanan. Selain itu, nitrogen yang menguap dapat bereaksi menjadi oksida nitrat ( $\text{N}_2\text{O}$ ) yang jika mencapai stratosfer akan merusak lapisan ozon, sehingga menghasilkan tingkat radiasi UV yang lebih tinggi sehingga risiko kanker kulit serta katarak meningkat. Seperti dampaknya pada ozon, nitrogen oksida terlarut dalam air atmosferik membentuk hujan asam, yang mengkorosi batuan dan barang logam serta merusak bangunan-bangunan. (Oertli, 1980; Hauck 1985 ; Bockman dan Olfs, 1998).

### **2.3. Teori Dasar Pelapisan**

Pelapisan adalah sebuah lapisan yang diterapkan pada permukaan obyek, biasanya disebut sebagai substrat. Pelapisan merupakan operasi fundamental secara luas di berbagai industri kimia, termasuk obat-obatan, makanan, pupuk, kosmetik, biomedis, nuklir, dll. Biasanya, proses pelapisan dilakukan untuk mencapai satu atau lebih hal berikut:

1. Melindungi bahan dari oksigen, kelembaban, cahaya yang tidak kompatibel atau unsur-unsur lain.
2. Menunda atau mengontrol pelepasan agen aktif di dalam partikel inti.
3. Memberikan sifat yang diinginkan pada antarmuka partikel, yang membuat mereka lebih tepat untuk aplikasi dari target akhir (misalnya dispersi dalam plastik, pulverisation elektrostatik, dll).
4. Mengurangi afinitas bubuk dengan pelarut organik atau air.
5. Menghindari penggumpalan selama penyimpanan dan transportasi.
6. Meningkatkan penampilan, rasa atau bau produk.
7. Menjaga nutrisi yang terkandung dalam produk makanan.
8. Memberi kemampuan bubuk (katalis, enzim deterjen berlapis, dll).
9. Meningkatkan ukuran partikel.

Untuk pengembangan proses yang optimal, sangat penting untuk memahami pengaruh parameter proses dan desain serta sifat produk terhadap kinerja proses dan mekanisme dasar-dasar kontrol proses. Dalam fluidized bed

coating, mekanisme pertumbuhan dan sifat akhir produk tergantung pada berbagai parameter.

Parameter-parameter ini dapat diklasifikasikan ke dalam empat kategori utama:

1. Sifat partikel padat: ukuran dan distribusi ukuran, porositas partikel, dan kelarutan partikel di cairan pelapis,
2. Sifat cair pelapis: densitas fluida, parameter pembasahan, viskositas cairan dan konsentrasi cairan,
3. Geometric dari tipe pelapisan,
4. Kondisi operasi: atomising conditions (laju alir cairan dan atomising air flow rate), temperature kolom, kecepatan udara fluidisasi dan massa kolom.

(Shaviv,A; Miekkelsen, 1993)

Kriteria efisiensi pengendapan dan hilangnya agen pelapisan dengan erosi dan spray drying:

1. Kandungan zat terlarut: kandungan zat terlarut didefinisikan sebagai fraksi massa (atau persentase) dari deposit coating agent untuk partikel pembantu.
2. Persen pelapis: kriteria ini adalah perbandingan jumlah deposit zat terlarut pada partikel padat selama waktu  $t$  dengan yang dimasukkan dalam bed untuk durasi yang sama.

## **2.4. Teknologi Fluidized Bed**

Teknologi fluidized bed ditemukan pada tahun 1922 oleh Winkler untuk gasifikasi batubara. Sejak itu teknologi ini meluas ke dalam banyak bidang aplikasi yang membutuhkan konstruksi berbeda dari unggun terfluidakan. Fluidized bed digunakan untuk proses fisik seperti pencampuran, penggolongan, pengeringan, pelapisan, granulasi, aglomerasi, adsorpsi, transportasi pneumatic serta pemanasan dan pendinginan padatan. Plant untuk pembakaran, pirolisis, gasifikasi, gas cleaning, water purification. Beberapa tahun terakhir, fluidized bed telah diterapkan lebih umum untuk teknologi proses yang berhubungan dengan

lingkungan sebagai contoh adsorptive atau pembersihan gas untuk fluidisasi dengan menghambat microorganisme di dalam fasa-cair untuk produksi zat aktif di dalam pembersihan limbah.

#### **2.4.1. Pengaruh Sifat Partikel Padat**

- Distribusi ukuran partikel

Semakin kecil ukuran partikel rata-rata, maka semakin besar efisiensi operasi. Hal ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa partikel kecil menangkap partikel yang disemprotkan sehingga partikel menjadi lebih besar karena berada pada area tertentu yang lebih besar dan lebih sering kontak dengan semprotan di zona atomisasi.

- Porositas Partikel

Beberapa peneliti (Jacob, 2007 & Shaviv, 1993) mengamati bahwa porositas partikel berpengaruh besar pada mekanisme pertumbuhan lapisan fluidised-bed. Efek dari kecepatan fluidising dan konsentrasi pada laju pertumbuhan berpengaruh lebih signifikan untuk partikel berpori dari pada compact beads. Pengendapan terjadi merata pada permukaan internal partikel dengan ketentuan bahwa kadar air partikel lebih besar dari 10%. Pengendapan pada permukaan partikel dimulai ketika volume pori diisi baik oleh larutan pelapisan jenuh atau oleh agen lapisan yang dipadatkan.

- Kelarutan partikel pada pelapisan cairan

Distribusi ukuran partikel produk diperoleh pada akhir operasi yang sempit. Pertumbuhan partikel lebih ditandai dengan melarutnya partikel padat pada solvent (air), seperti kasus pada natrium klorida dan nitrat. Sebaliknya, pertumbuhan kurang ditandai untuk kaca dan pasir silika, keduanya memiliki absorptivitas baik. Kesimpulannya, kecepatan pertumbuhan sangat rendah bila bahan yang digunakan memiliki absorptivitas rendah, seperti kasus polietilen (Dencs dan Ormos, 1982).

#### **2.4.2. Pengaruh Sifat Partikel pada Pelapisan Cairan**

- **Densitas Cairan**

Densitas cairan tidak berpengaruh secara signifikan dalam kriteria pelapisan. Parameter ini mempunyai efek pada lapisan partikel berpori, khususnya ketika titik awal pertumbuhan ditentukan dengan mengisi volume pori dengan cairan coating. Dalam hal ini, semakin tinggi densitas cairan, semakin lama periode pertumbuhan.

- **Parameter Pembasah**

Parameter pembasahan bukan merupakan parameter yang melekat pada cairan, tetapi hasil interaksi antara molekul cairan dan padatan. Kinetika pertumbuhan serta efisiensi operasi sangat tergantung pada distribusi cairan pada permukaan partikel yang ditandai oleh sudut kontak. Parameter ini memiliki pengaruh pada morfologi produk akhir. Secara umum, membasahi substrat padat dengan cairan coating merupakan fungsi dari tiga parameter, yaitu sudut kontak, tegangan permukaan cairan dan viskositasnya. Dua parameter pertama mengatur pembasahan maksimum (ekuilibrium) yang dapat dicapai, sedangkan yang ketiga menentukan kinetika pembasahan. Tegangan permukaan cairan mengatur distribusi ukuran tetesan serta distribusi cairan pada permukaan partikel.

- **Viskositas Cairan**

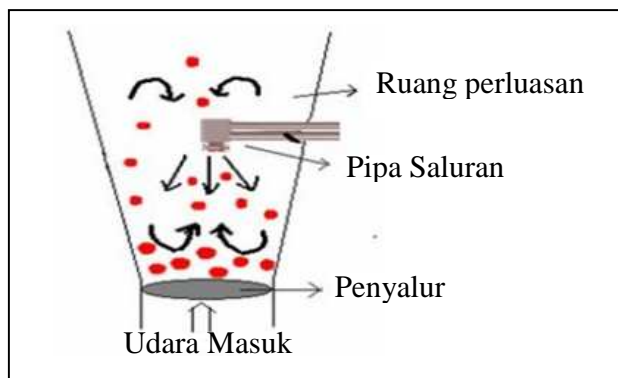
Viskositas cairan mempunyai pengaruh besar terhadap mekanisme pertumbuhan dalam proses pelapisan. Beberapa teori dan penelitian menunjukkan bahwa tingkat aglomerasi meningkat dengan meningkatnya viskositas cairan. Pada umumnya, pada cairan yang mempunyai gaya viskositas kapiler tinggi tidak mengatur aglomerasi dan berhenti di tempat untuk disipasi viskos. Selain itu, viskositas memiliki pengaruh pada atomisasi cair dan ukuran tetesan yang dihasilkan serta berperan dalam kualitas

deposisi. Cairan dalam viskositas tinggi, penguapan terjadi sebelum cairan tersebut mencapai sudut kontak keseimbangan.

- **Konsentrasi Cairan**

Konsentrasi larutan adalah parameter yang mempengaruhi durasi operasi serta mekanisme pertumbuhan. Ketika operasi berlangsung pada konsentrasi yang tinggi, maka derajat kejenuhan selama pengeringan dapat mencapai maksimal. Hal ini menyebabkan adanya peningkatan laju kristalisasi pada permukaan partikel. Larutan lapisan berpengaruh pada konsentrasi, jika konsentrasi mempengaruhi sifat permukaan coating, pengaruh konsentrasi menjadi sekunder dibandingkan dengan tegangan permukaan dan sudut kontak. Untuk kondisi operasi tetap dan dengan jumlah tertentu coating agen diperkenalkan di bed, konsentrasi tampaknya tidak berpengaruh signifikan pada laju pertumbuhan. Namun, dengan konsentrasi tinggi, penguapan dan pengeringan secara semprot/tetes atomised menjadi begitu cepat sehingga efisiensi lapisan memburuk.

#### **2.4.3. Mekanisme Kerja Fluidized Bed Spray**



Gambar 2.3. Fluidized Bed Spray (Top Spray)

Dalam fluidized bed spray cairan pelapis disemprotkan kedalam ruangan bersama aliran gas panas dalam tetesan halus. Air akan cepat diuapkan dari tetesan tersebut meninggalkan partikel padatannya. Ketebalan

dari formulasi coating dan dapat diperoleh sesuai kebutuhan. Dalam sistem spray, bahan pelapis disemprotkan ke dalam spray chamber sebagai partikel cair. Zat pelapis tersebut pindah ke lapisan berpori sehingga membentuk encapsulated.

Keunggulan teknologi fluidized bed adalah:

1. Keuntungan proses: pencampuran baik, intensitas pertukaran material dan panas tinggi, temperatur pengeringan rendah (dapat digunakan untuk bahan yang sensitif terhadap suhu).
2. Proses berjalan secara kontinu: konstan dan mutu produk dapat direproduksi, produktivitas tinggi karena waktu operasi lama, waktu hilang kecil, total running time mencapai 8000jam/tahun.
3. Produk: tidak ada masalah dengan debu, tidak ada pemisahan komponen campuran.

## **2.5. Polyacrylic Acid**

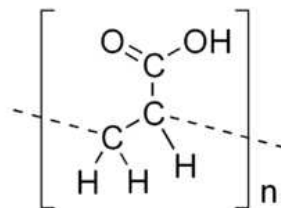
Polyacrylic acid tersedia dalam bentuk homo polymer dan kopolymer dalam bentuk padat, dalam bentuk solusi/larutan dan dalam bentuk emulsi (latex). *Polyacrylic solid* yang dipakai dalam industri cat adalah thermoplastic (menjadi lemah dan flow ketika panas), mereka adalah homopolymer dari satu dan ester methacrylate atau kopolimer dari methacrylate dengan acrylate atau second methacrylate ester, dengan atau tanpa jumlah yang dikurangi dan monomer fungsional. Secara umum mereka sudah siap dilarutkan dengan beberapa atau campuran solvent, kelarutannya tergantung pada ukuran partikel dan berat molekul.

Bentuk solusi dari resin polyacrylic didapat dari reaksi polimerisasi solusi. Film terbentuk dari monomer-monomer yang dalam bentuk natural/aslinya adalah berupa thermoplastic, jika dalam komposisi resin terdapat cukup dan monomer-monomer fungsional yang pas, dapat dimodifikasi

dengan meng-*crosslink* sehingga menjadi thermoset (menjadi keras jika terkena panas dan tidak dapat dilunakkan kembali).

Pada tipe emulsi ada 2 macam tipe yang tersedia. Tipe thermoplastic emulsi resin yang digunakan pada cat latex adalah copolimer dari methyl methacrylate dengan beberapa tambahan dari ester acrylate (kadang-kadang monomer non akrilit) untuk menurunkan suhu *film forming*. Sedikit jumlah monomer-monomer fungsional juga dipakai untuk memproduksi co-polymer ini untuk meningkatkan daya rekat pigment, stabilitas emulsi dan property lain dari latex dan polymer.

Polyacrylic latex juga tersedia dengan grup fungsional yang *final film*-nya dapat di *cross-link*. Hal ini dapat dicapai dengan menambahkan *crosslink reagent* yang cocok yang kemudian bereaksi dengan gugus fungsional dari polymer ketika film dibakar dan kering. Hal ini mentransformasikannya menjadi polymer thermoset sehingga menjadi tahan terhadap solvent dan bahan kimia, lebih tangguh, dan secara signifikan meningkatkan kekerasan pada temperatur tinggi.

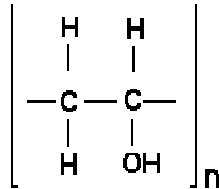


Gambar 2.4. Struktur Polyacrylic Acid

## 2.6. Polivinil Alkohol (PVA)

Polivinil alkohol (disingkat PVA) merupakan suatu polimer sintetik yang larut dalam air, yang diproduksi dari proses polimerisasi dan alholisasi vinil asetat. PVA memiliki bentuk film yang sangat bagus, bersifat emulsifier dan adisif. Tahan terhadap minyak, lemak dan pelarut, tidak berbau dan tidak

beracun. PVA sangat mudah terdegradasi dan cepat larut. Titik lelehnya 230 °C dan 180-190 °C untuk bisa terhidrolisa sempurna.



Gambar 2.5. Struktur PVA

Secara ekperimental biodegradasi polimer PVA dengan starch telah dipelajari oleh peneliti sebelumnya (Tudorachi, 2000). Berdasarkan sifat termal dan biodegradasi dari beberapa bahan polimer berdasarkan PVA, pati dan dengan adanya urea (sebagai sumber nitrogen mikroorganisme), dimana optimalisasi komposisi kimia campuran dianalisa secara ekperimental. Terjadi penurunan berat campuran setelah inokulasi 18 hari dengan mikroorganisme adalah 38 dan 73 % berat.

## 2.7. Amylum

Pati atau amilum adalah karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau. Pati merupakan bahan utama yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa (sebagai produk fotosintesis) dalam jangka panjang. Hewan dan manusia juga menjadikan pati sebagai sumber energi yang penting.

Amilum tersusun dari dua macam karbohidrat, amilosa dan amilopektin, dalam komposisi yang berbeda-beda. Amilosa memberikan sifat keras sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Amilosa memberikan warna ungu pekat pada tes iodin sedangkan amilopektin tidak bereaksi.

Amilum digunakan sebagai bahan yang digunakan untuk memekatkan makanan cair seperti sup dan sebagainya. Dalam industri, pati dipakai sebagai komponen perekat, campuran kertas dan tekstil, dan pada industri kosmetika. Biasanya amilum dijual dalam bentuk tepung serbuk berwarna putih yang



dibuat dari ubi kayu, juga digunakan sebagai pengeras pakaian dengan menyemburkan larutan kanji cair ke atas pakaian sebelum disetrika. Amilum juga digunakan sebagai bahan perekat atau lem.

## **2.8. PEG-6000 (Poly Ethylene Glycol-6000)**

PEG (Poly Ethylene Glycol)-6000 yang digunakan menerangkan bahwa bahan kimia PEG tersebut mempunyai berat molekul rata-rata 6000. PEG-6000 adalah bahan kimia yang berwarna putih seperti lilin, paraffin, sebagai benda padat pada suhu kamar, tidak beracun, tidak berkarat, tidak berbau, inert, tidak mudah terhidrolisis, tidak membantu pertumbuhan jamur dan dapat dikombinasikan berdasarkan bobot molekulnya. PEG 6000 mempunyai titik leleh  $56^{\circ}$  - $63^{\circ}\text{C}$

PEG merupakan produk polimerasi dari etilen oksida atau produk kondensasi dari etilen glikol. Pembuatan PEG berlangsung melalui polimerasi etilen oksida dengan adanya kondensator asam atau basa ( $\text{SnCl}_2 \cdot \text{CaO}$ ). Pemilihan kondisi reaksinya diperoleh produk dengan tingkat polimerasi yang berbeda, yang dinyatakan oleh informasi berat molekul rata-rata (Voigt, 1995).

Salah satu fungsi polyethylene glycol (PEG) adalah dapat dipakai untuk membentuk dan mengontrol ukuran dan struktur pori partikel yang dilapisi. Dalam hal ini PEG dapat berfungsi sebagai template, dan juga pembungkus partikel urea sehingga tidak terbentuk agregat, hal ini dikarenakan PEG terjebak pada permukaan partikel dan menutupi ion negatif pada urea, dan pada akhirnya akan diperoleh hasil partikel dengan bentuk bulatan yang seragam. Akan tetapi, jumlah PEG yang ditambahkan jumlahnya cukup besar agar bisa bekerja sesuai dengan fungsinya.

Fungsi lain dari Polyethylene Glycol (PEG) antara lain adalah:

- alkid resin poliester dan persiapan untuk meningkatkan dispersability air dan air-berbasis pelapisan.
- Antidusting agen di formulasi pertanian.

- Efek mencerahkan dan adhesi meningkatkan dalam elektroplating dan elektroplating proses.
- Pembersih, deterjen dan sabun dengan volatilitas yang rendah dan sifat toksisitas rendah pelarut.
- Coupling agen, pelumas humektan, pelarut dan dalam kosmetik dan pangkalan perawatan pribadi.
- Dimensi penstabil dalam operasi kayu bekerja.
- Dye operator dalam cat dan tinta.
- Perpindahan panas fluida formulasi dan formulasi defoamer.
- Rendah volatilite, larut dalam air, dan pelumas noncorrosive tanpa pewarnaan residu dalam proses makanan dan paket.
- Cetakan rilis agen dan pelumas dalam fabrikasi elastomer.
- Kertas pelapis untuk antisticking, menstabilkan warna, gloss yang baik dan arus bebas dalam operasi calendering.
- Plasticizer untuk meningkatkan pelumasan dan menyampaikan properti pelembab dalam perekat massa keramik, dan bahan pengikat.
- Pelembut dan agen antistatik untuk tekstil.
- Solder flux dengan properti menyebar baik.

## **2.9. Pewarna Makanan**

Pewarna makanan pada umumnya sebagai bahan tambahan makanan yaitu bahan yang ditambahkan dengan sengaja ke dalam makanan dalam jumlah kecil, dengan tujuan untuk memperbaiki penampilan, cita rasa, tekstur, flavor dan memperpanjang daya simpan. Selain itu dapat meningkatkan nilai gizi seperti protein, mineral dan vitamin. Penggunaan aditif makanan telah digunakan sejak zaman dahulu. Bahan aditif makanan ada dua, yaitu bahan aditif makanan alami dan buatan atau sintetis.

Bahan tambahan makanan adalah bahan yang bukan secara alamiah merupakan bagian dari bahan makanan, tetapi terdapat dalam bahan makanan

tersebut karena perlakuan saat pengolahan, penyimpanan atau pengemasan. Agar makanan yang tersaji tersedia dalam bentuk yang lebih menarik, rasa enak, rupa dan konsistensinya baik serta awet maka sering dilakukan penambahan bahan tambahan makanan yang sering disebut zat aditif kimia (*food aditiva*). Adakalanya makanan yang tersedia tidak mempunyai bentuk yang menarik meskipun kandungan gizinya tinggi.

Warna dapat memperbaiki dan memberikan daya tarik pada makanan. Penggunaan pewarna dalam bahan makanan dimulai pada akhir tahun 1800, yaitu pewarna tambahan berasal dari alam seperti kunyit, daun pandan, angkak, daun suji, coklat, wortel, dan karamel. Zat warna sintetik ditemukan oleh William Henry Perkins tahun 1856, zat pewarna ini lebih stabil dan tersedia dari berbagai warna. Zat warna sintetis mulai digunakan sejak tahun 1956 dan saat ini ada kurang lebih 90% zat warna buatan digunakan untuk industri makanan. Salah satu contohnya adalah tartrazin, yaitu pewarna makanan buatan yang mempunyai banyak macam pilihan warna, diantaranya Tartrazin CI 19140. Selain tartrazin ada pula pewarna buatan, seperti *sunsetyellow FCF* (jingga), karmoisin (Merah), *brilliant blue FCF* (biru).

Bermacam-macam jenis pewarna yang tersedia dipasaran, tetapi dalam penelitian ini menggunakan bahan pewarna makanan alami sebagai indikator pengamatan pada pelapisan urea karena pewarna tersebut ramah lingkungan dan tidak mengganggu kesehatan.

## BAB III

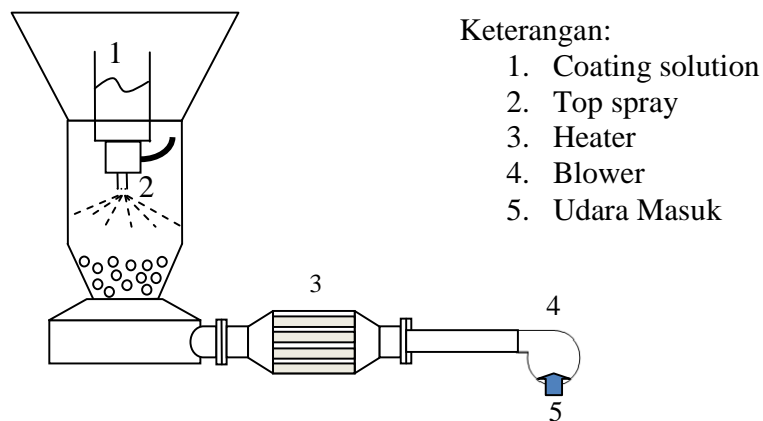
### METODOLOGI PERCOBAAN

#### 3.1. Bahan dan Alat

**Bahan yang digunakan:** Granular urea (PT. Petrokimia Gresik, Indonesia) diameter 2 mm, Asam Polyacrylic (chemical grade) (CV. Multi Kimia Raya), Polivinil Alkohol (PVA) (chemical grade) (CV. Multi Kimia Raya), amilum (Cas no. 9005-25-8) (Laboratorium Kimia Proses Teknik Kimia) dan Polyethylene Glikol (PEG)-6000 (chemical grade) (Laboratorium Kimia Proses Teknik Kimia).

**Alat yang digunakan:** Fluidized Bed Spray, Thermoregulator, Magnetic Stirrer, Spektro DR 2800,

#### 3.2. Gambar Alat



Gambar 3.1. Skema diagram Fluidized Bed Spray

### 3.3. Variabel Percobaan

#### 3.3.1. Variabel Tetap:

Urea 100 gram

Berat PEG 1 gram

Pewarna makanan  $\pm 0,5$  ml (1 tetes)

Waktu pengeringan: 30 menit

Laju alir : 4 ml/menit

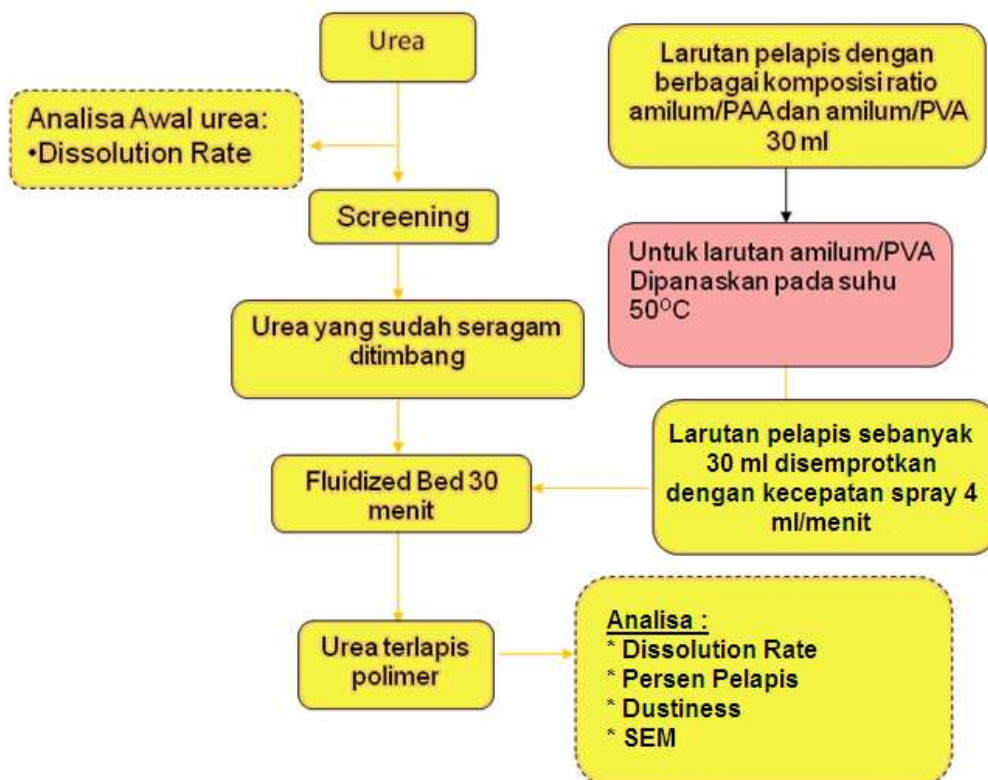
#### 3.3.2. Variabel Berubah:

Amilum (% wt) : 0; 0,5; 1; 1,5; 2

Polyacrylic (% wt) : 16; 17; 18; 19; 20

PVA (% wt) : 1; 2; 3; 4; 5

Temperatur Udara masuk ( $^{\circ}\text{C}$ ) : 35; 40; 45; 50; 55



Gambar 3.2. Diagram alir Penelitian

### 3.4. Prosedur Percobaan

Prosedur percobaan ada beberapa tahap, antara lain:

- Persiapan Bahan Baku

Urea di screening dengan ukuran 2 mm sehingga mendapat ukuran yang seragam, kemudian timbang urea sebanyak 100 gr.

- Pembuatan cairan pelapis

- Masukkan amilum/PVA dan amilum/polyacrylic sesuai variable ke dalam beaker glass
- Kemudian masukan 1 gr PEG lalu tambahkan air sampai 30 ml
- Kemudian aduk dengan magnetic stirrer dan panaskan sampai 50°C (untuk campuran PVA)

- Tahap Pelapisan

Partikel Urea 100 gr berat ditempatkan pada fluidized bed. Cairan pelapisan material 30 mL dengan laju alir 4 ml/menit. Produk dianalisa setelah 30 menit fluidisasi.

- Tahap Analisa

Urea yang sudah kering sempurna, maka tahap selanjutnya adalah analisa. Analisa yang akan dilakukan antara lain adalah uji disolusi rate, analisis spektrofotometri, uji dustiness, dan persen coating.

#### 3.4.1. Uji *Disolution Rate* Secara *In Vitro* (langsung)

Pada evaluasi ini 5 gram urea yang sudah dicoating dilarutkan dalam 50 ml air. Hitung waktu yang diperlukan untuk melarutkan urea secara sempurna dengan pengadukan yang konstan (Vashishtha, 2010).

Uji *disolution rate* secara dinamik untuk analisa N-NH<sub>3</sub> dengan menggunakan Spektrophotometri DR 2800 dilakukan pada 3 gram berat PVA dan 2 gram amilum serta 18 gram polyacrylic dan 2 gram amilum dengan variasi waktu 1-120 menit. 1 gram sample urea yang terlapis dimasukkan kedalam beker gelas yang berisi 50 ml aquadest. Campuran di aduk dengan

kecepatan konstan, sample diambil pada menit 1, 30, 60, 90 dan 120 menit dianalisa dengan menggunakan Spektrophotometri (Tomaszewska dan Jarosiewics, 2006).

#### **3.4.2. Uji *Dustiness***

Dalam percobaan pelapisan urea, dustiness diukur dengan mengambil 10 gram urea terlapisi dalam bunker funnel udara tekan ditransmisikan ke bagian bawah saluran dengan tekanan 10 PSI. Setelah lima menit sampel dipindahkan dari bunker funnel, dan kemudian ditimbang. Berat dihitung. Total berat disebut debu (Vashishtha, 2010).

$$\% \text{ Dustiness} = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100\% \quad (1)$$

$M_1$  = berat setelah ditekan(gram) ;  $M_0$  = berat awal urea terlapisi (gram)

#### **3.4.3. Persen Pelapis**

10 g sample urea yang dilapisi dicampurkan kedalam 100 ml air. Setelah di aduk pelapis yang ada akan terlepas dari urea. Pelapis yang dihasilkan disaring setelah disaring diuapkan dan di timbang (Mulder,dkk., 2011).

$$\eta = \frac{M_i}{M_i + M_o} \times 100\% \quad (2)$$

$m_i$  = berat pelapis (gram);  $M_o$  = berat urea (gram)

#### **3.4.4. Sifat Karakteristik Produk**

Uji SEM di analisa pada JSM-6360 SEM instrument dengan akselerasi 15 kV. Analisa TGA menggunakan Las Navas Instrument Termogravimetric Analyzer-2000 pada range temperature 40 – 950 °C dengan kecepatan panas 3 °C/menit menggunakan kecepatan aliran nitrogen kering 2 l/menit (Tomaszewska dan Jarosiewics, 2006).

## BAB IV

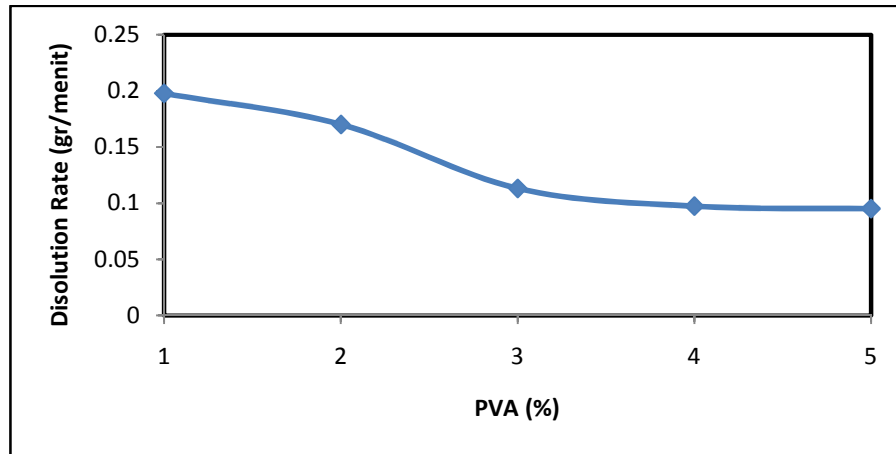
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 *Dissolution Rate*

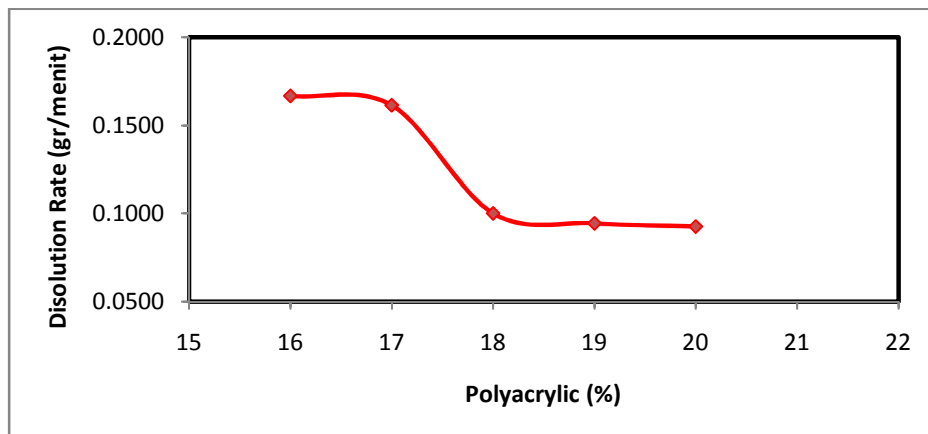
Berdasarkan hasil penelitian awal yang telah dilakukan, sebanyak 5 gram urea tanpa lapisan dilarutkan dalam 50 ml aquadest *dissolution rate* yang terjadi selama 2 menit 54 detik yaitu sebesar 1,9685 gram/menit. *Dissolution rate* ini jauh lebih besar dibandingkan dengan urea terlapisi. Hal tersebut menunjukkan bahwa kelarutan urea tanpa lapisan dalam air sangat besar dengan *dissolution time* yang kecil sehingga banyak unsur hara yang terbuang sia-sia ke lingkungan dan memberikan dampak buruk akibat pencemaran. Urea terlapisi mempunyai laju pelarutan 10 kali lebih lambat dari pada urea tanpa lapisan, sehingga urea terlapisi jauh lebih efektif dibandingkan urea tanpa pelapisan.

Pada gambar 4.1, 4.2, dan 4.3 dibawah masing-masing menjelaskan pengaruh berat polimer PVA, polyacrylic dan amilum terhadap *dissolution rate* urea yang telah terlapisi. *Dissolution rate* menurun jika terjadi penambahan berat dari polimer. Pada gambar 4.1, penurunan *dissolution rate* urea terlapisi terjadi dari 0,1976 g/menit pada 1% PVA sampai pada 0,0953 g/menit pada 5% PVA. Begitu juga yang terjadi pada gambar 4.2. Penurunan *dissolution rate* urea yang terlapisi terjadi pada 0,1666 g/menit pada 16% Polyacrylic sampai pada 0,0943 g/menit pada 20% polyacrylic. Hal yang sama terjadi pada gambar 10, dimana terjadi penurunan *dissolution rate* dengan variasi berat amilum (0-2%), 0 % amilum dengan polyacrylic 18% menunjukkan laju dissolution rate urea 0,1562 g/menit sedangkan untuk 2% amilum dengan 18% polyacrylic, laju dissolution rate urea 0,1 g/menit. Pada pelapisan dengan menggunakan 3% PVA, untuk 0% amilum dissolution rate nya 0,16666 g/menit dan 2% amilum 0,1135 g/menit.

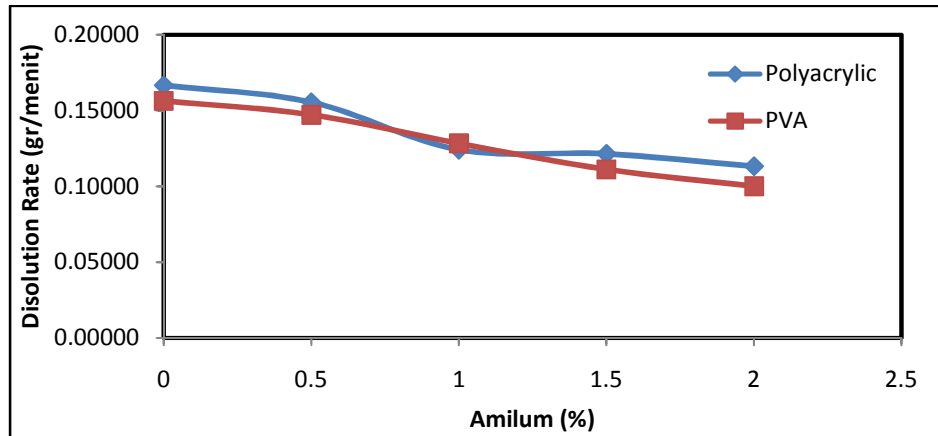




Gambar 4.1. Pengaruh berat PVA dengan 2 % amilum terhadap *dissolution rate*



Gambar 4.2. Pengaruh berat polyacrylic dengan 2 % amilum terhadap *dissolution rate*



Gambar 4.3 Pengaruh variasi berat amilum dengan 18% Polyacrylic dan 3% PVA terhadap Dissolution rate

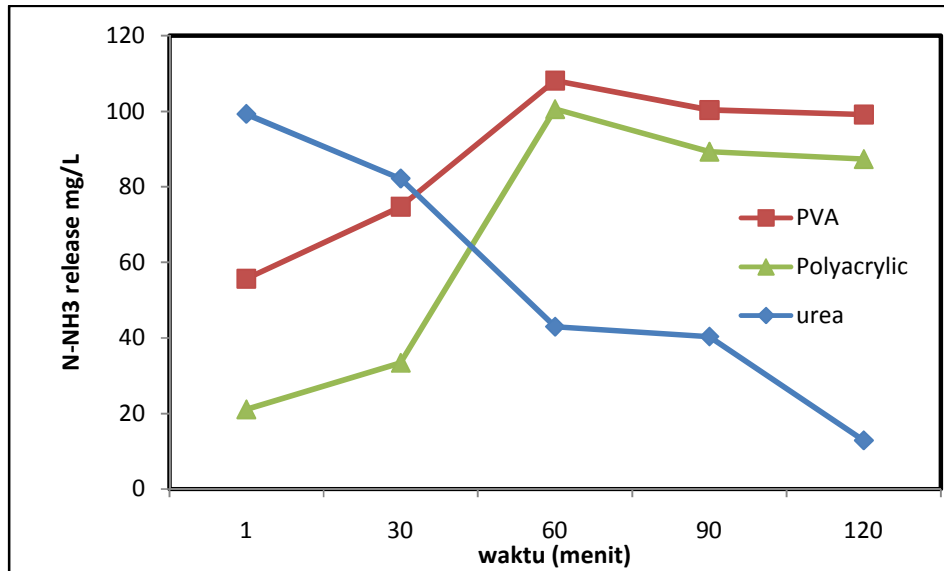
Penggunaan polimer *superabsorbent* di bidang pertanian dapat meningkatkan kapasitas menahan air dan menjaga retensi air tanah (Bakass, Mokhlisse, & Lallemand, 2002). Polyacrylic dan polivinil alkohol berfungsi sebagai penyerap (*superabsorbent*). Pada gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 menunjukkan hubungan antara %wt polyacrylic, polivinil alkohol dan amilum terhadap *dissolution rate*. Suatu polimer mempunyai kemampuan optimal untuk menahan air. Pada polyacrylic, kemampuan optimal berada pada 18%wt, sedangkan pada polivinil alkohol kemampuan optimalnya pada 3%wt. polimer yang melebihi kemampuan optimal nya akan mengalami penurunan kapasitas dalam penyerapan air. Hal tersebut terjadi karena *crosslink point* yang lebih besar di dalam jaringan polimer yang akan meningkatkan densitas komposit *crooslink*, sehingga terbentuk jaringan tambahan yang akan mengurangi ruang tahanan air.

Ketiga kesimpulan diatas juga telah dijelaskan dalam penelitian peningkatan urea dengan menggunakan pelapis Phospogypsum (Vashishtha,2010) yaitu semakin banyak lapisan polimer yang berada di permukaan urea semakin lama waktu yang dibutuhkan nutrient urea untuk lepas ke lingkungan dan *dissolution rate* (*release rate*) akan semakin kecil.

Pengaruh konsentrasi pelapis yang tinggi terhadap turunnya *dissolution rate* urea juga telah di uji pada penggunaan sulfur sebagai pelapis urea dalam *shallow spouted bed* (Choi dan Meisen, 1997) dan release urea dalam air lebih cepat dibandingkan di dalam tanah dikarenakan jenis tanah, kapasitas kation exchange (CEC), kandungan air, urea konsentrasi, terbentuknya gel dan lain sebagainya (Liang, R, dkk., 2009; Tomaszewska dan Jarosiewicz, 2006)

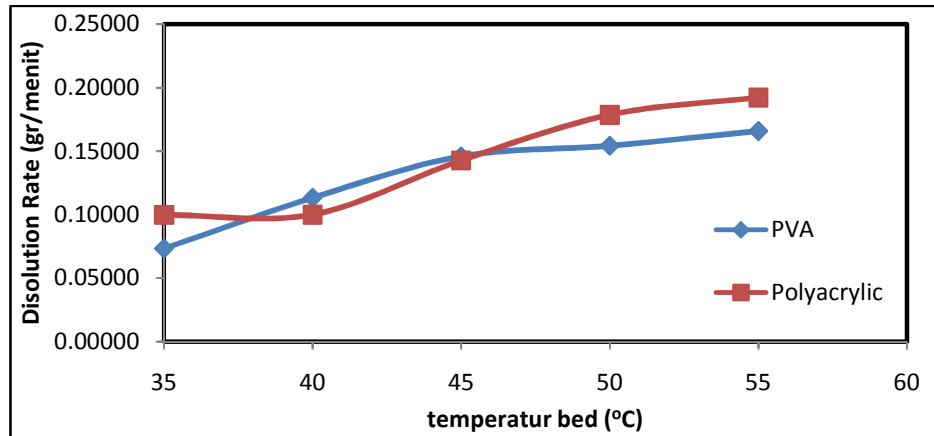
Mekanisme release urea bisa dijelaskan seperti berikut: (1) amilum/polyacrylic maupun amilum/PVA pelan-pelan mengembang oleh air dalam tanah dan kemudian membentuk hidrogel dan urea larut. (2) urea secara pelan terlepas melalui perubahan dinamik dari air bebas antara tanah dengan amilum/polyacrylic maupun amilum/PVA

Uji release rate secara dinamik digunakan untuk mengetahui pelepasan N-ammonia dalam air sebagai pelarut urea. Uji ini dapat ditentukan dengan analisa kandungan N-NH<sub>3</sub> menggunakan Spektrophotometri DR 2800 dilakukan pada berat pelapisan (PVA 3% dan amilum 2%) serta (polyacrylic 18% dan amilum 2%) dengan variasi waktu 1-120 menit. 1 gram sample urea yang terlapis dimasukkan kedalam beker gelas yang berisi 50 ml aquadest. Campuran di aduk dengan kecepatan konstan, sample diambil pada menit 1, 30, 60, 90 dan 120 menit dianalisa dengan menggunakan Spektrophotometri (Tomaszewska dan Jarosiewics, 2006).



Gambar 4.4. Kadar N-NH<sub>3</sub> terhadap waktu

Pada gambar 4.4 menunjukkan kadar ammonia terhadap waktu, baik untuk urea tanpa pelapisan maupun urea dengan menggunakan pelapis polimer. Pada gambar diatas dapat dilihat bahwasanya urea tanpa menggunakan pelapisan kadar ammonianya relative turun terhadap peningkatan waktu (99,25 mg/l pada menit ke 1 turun menjadi 12,85 mg/l pada menit ke-120. Pada urea dengan meggunakan pelapis amilum/polyacrylic kandungan ammonia dari 1 menit sampai 60 menit terjadi peningkatan dari 21, 1 mg/l menjadi 100,6 mg/l sedangkan kandungan pada menit ke-120 terjadi penurunan pada kadar ammonia sebesar 87,35 mg/l. hal yang sama terjadi pada pelapisan urea dengan amilum/PVA dimana terjadi peningkatan kadar ammonia dari 1 menit ke 60 menit (55,65 mg/l meningkat menjadi 108,15 mg/l) sedangkan pada menit ke-120 terjadi penurunan kadar ammonia sebesar 99,15 mg/l.



Gambar 4.5. Pengaruh variasi temperature bed dengan 18% Polyacrylic dan 3% PVA terhadap Dissolution rate

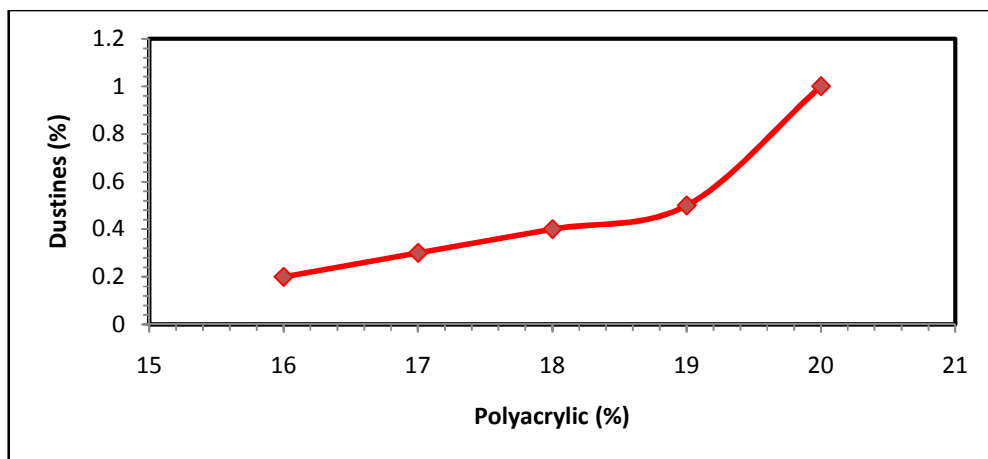
Gambar 4.5. menunjukkan pengaruh temperature bed terhadap dissolution rate. Semakin tinggi temperature bed maka dissolution rate akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan oleh tingkat pengeringan dari proses pelapisan semakin cepat yang menyebabkan ikatan lapisan permukaan urea dengan polimer pelapis akan semakin berkurang (tidak terbentuk). Hasil ini juga telah diperkuat oleh penelitian urea dengan menggunakan pelapis polimer untuk mengurangi dissolution rate urea (Salman, 1989) dan peningkatan sifat urea dengan pelapisan menggunakan phospogysum (Vashishtha, 2010) dimana pada penelitian mereka, semakin besar suhu, ikatan pelapisan urea dengan polimer akan semakin berkurang yang dapat menyebabkan semakin cepatnya dissolution rate urea terjadi.

#### 4.2 Dustiness

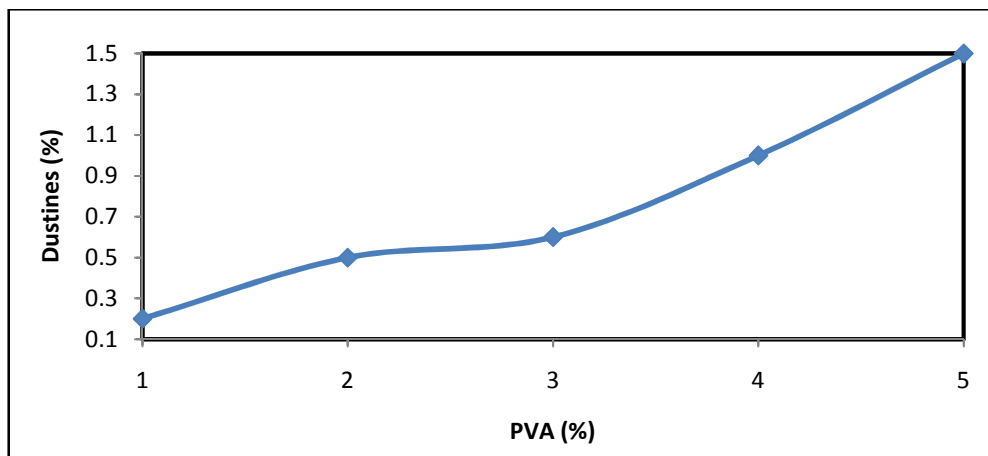
Dustiness merupakan hal yang sangat tidak diinginkan pada proses pelapisan urea, dustiness menyebabkan sejumlah material yang hilang selama proses pelapisan, penyimpanan maupun pada saat digunakan. Debu terjadi dikarenakan material pelapis tidak bisa berikatan kuat dengan permukaan urea.

Pada gambar 4.6 dan 4.7 menunjukkan pengaruh berat polyacrylic dan PVA terhadap persen dustiness, dimana semakin besar konsentrasi pelapis maka persen

dustiness akan semakin besar. Semakin besar konsentrasi pelapis yang digunakan semakin banyak partikel pelapis. Terbentuknya debu disebabkan karena permukaan urea yang tidak kuat untuk mengikat partikel pelapis dengan sempurna. Seperti yang dijelaskan dalam penelitian sebelumnya dengan menggunakan pelapis Phospogypsum (Vashishtha, 2010). Perbandingan antara kadar dustiness polimer polyacrylic dengan PVA sangat terlihat jelas pada gambar dibawah, dimana kandungan dustiness polyacrylic lebih kecil daripada PVA walaupun PVA menggunakan konsentrasi yang sangat kecil.

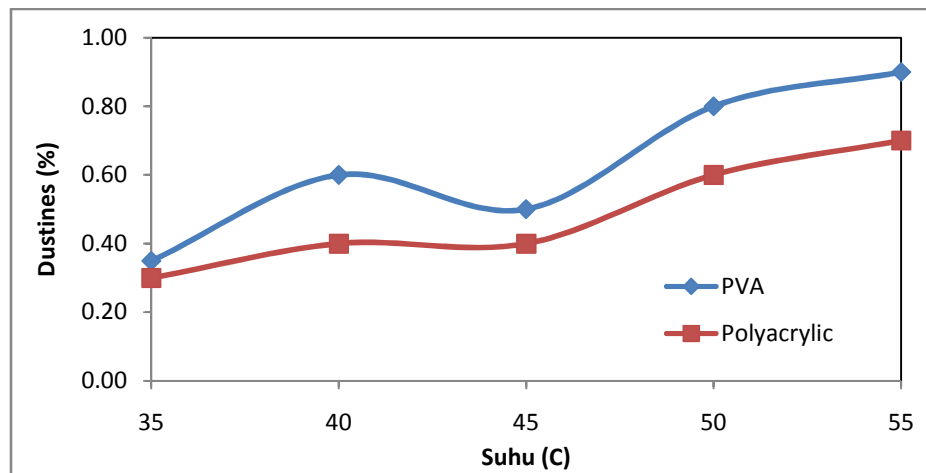


Gambar 4.6. Pengaruh berat polyacrylic dengan 2% amilum terhadap dustiness



Gambar 4.7. Pengaruh berat PVA dengan 2% amilum terhadap dustiness

Pada gambar 4.8. menunjukkan pengaruh suhu *bed* terhadap persen dustiness. Berdasarkan gambar dibawah, terlihat bahwa semakin tinggi suhu *bed* maka persen dustiness akan semakin tinggi. Hal tersebut disebabkan karena semakin tinggi suhu pengeringan maka permukaan lapisan yang terbentuk akan semakin kering.



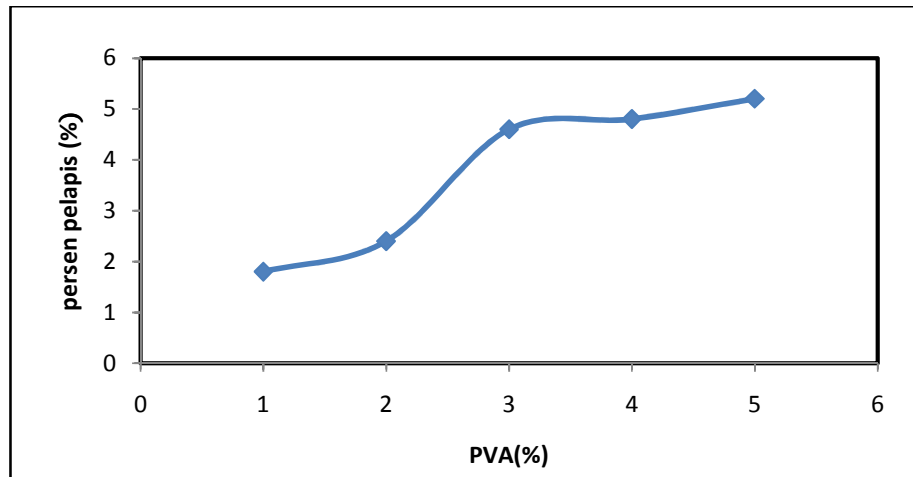
Gambar 4.8. Pengaruh suhu *bed* dengan 18% Polyacrylic dan 3% PVA terhadap persen dustiness

Penelitian ini dapat diperkuat dari penelitian sebelumnya yang telah membandingkan fertilizer coated wet dan dry, dimana dari hasil penelitiannya menjelaskan bahwa sejumlah debu terbentuk lebih besar pada partikel urea terlapisi kering dengan urea yang terlapisi basah. Pembentukan debu akan banyak ketika partikel pelapis kering karena material pelapis tidak bisa berikatan kuat dengan permukaan urea (Vashishtha, 2010).

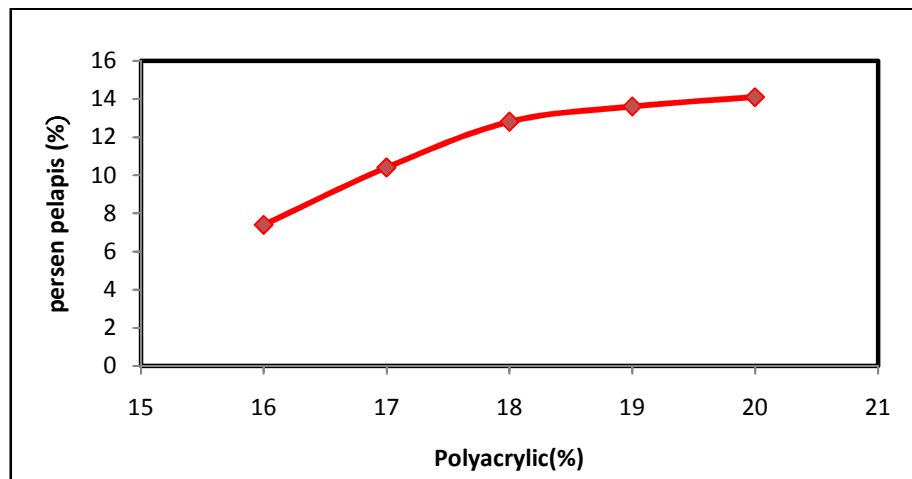
#### 4.3 Persen Pelapis

Semakin besar massa dari polimer dalam larutan pelapis maka akan semakin baik persen pelapis yang didapat. Konsentrasi larutan sangat berpengaruh pada pengoperasian alat dan mekanisme pertumbuhan pelapis pada permukaan urea. Pada gambar 4.9, 4.10 dan 4.11 terlihat jelas bahwa semakin besar massa pelapis maka

persen pelapis akan semakin bagus. Pada gambar 4.10 terlihat persen pelapis pada polimer polyacrylic/amilum (18/2 %) lebih baik dari pada persen pelapis dengan menggunakan PVA/amilum (3/2 %).

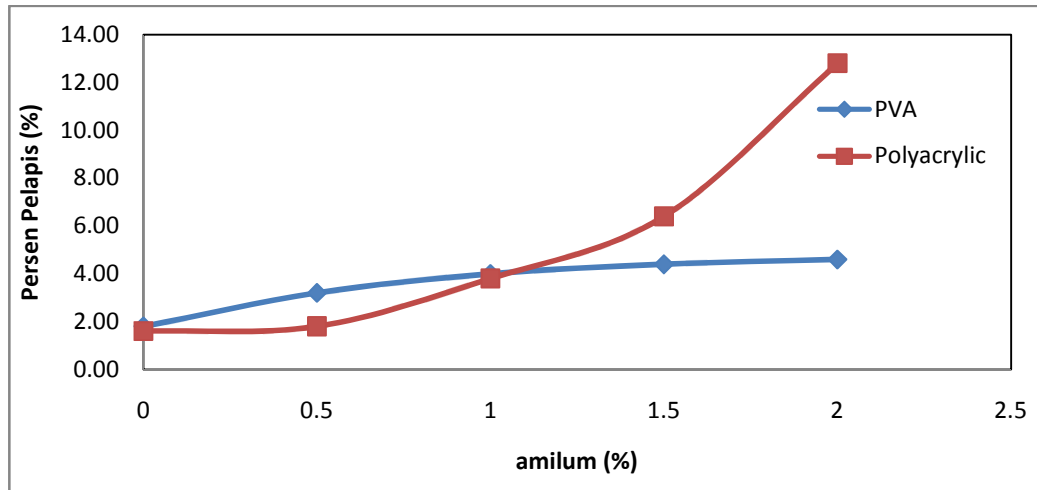


Gambar 4.9. Pengaruh berat PVA dengan 2% amilum terhadap persen pelapis



Gambar 4.10. Pengaruh berat polyacrylic dengan 2% amilum terhadap persen pelapis

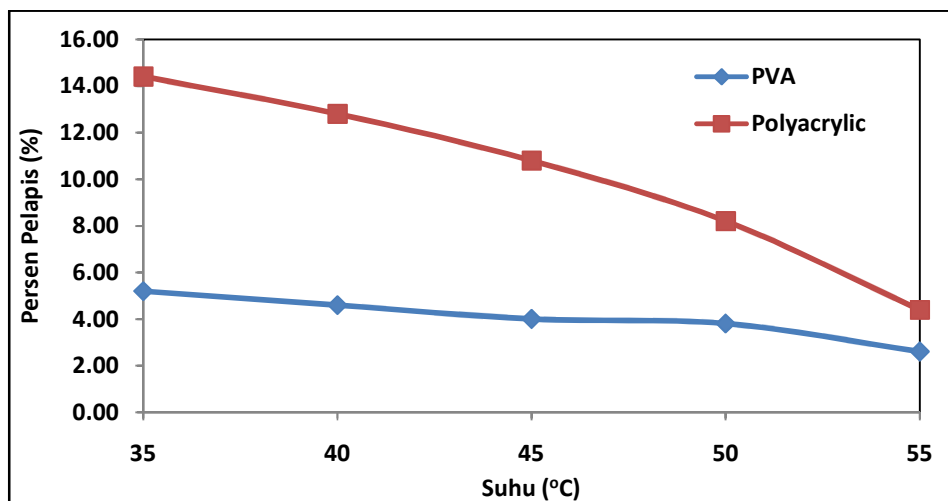




Gambar 4.11. Pengaruh variasi berat amilum dengan 18% polyacrylic dan 3% PVA terhadap persen pelapis

Semakin besar massa pelapis akan berpengaruh pada operasi dan mekanisme pertumbuhan (penempelan) polimer pada urea. Semakin besar massa pelapis maka pada saat operasi tingkat kejenuhan selama pengeringan dapat mencapai maksimal. Hal ini menyebabkan terjadi peningkatan pembentukan kristalisasi pada permukaan urea. Semakin besar massa pelapis maka semakin banyak pelapis yang berikatan pada permukaan urea (Salman, 2007).

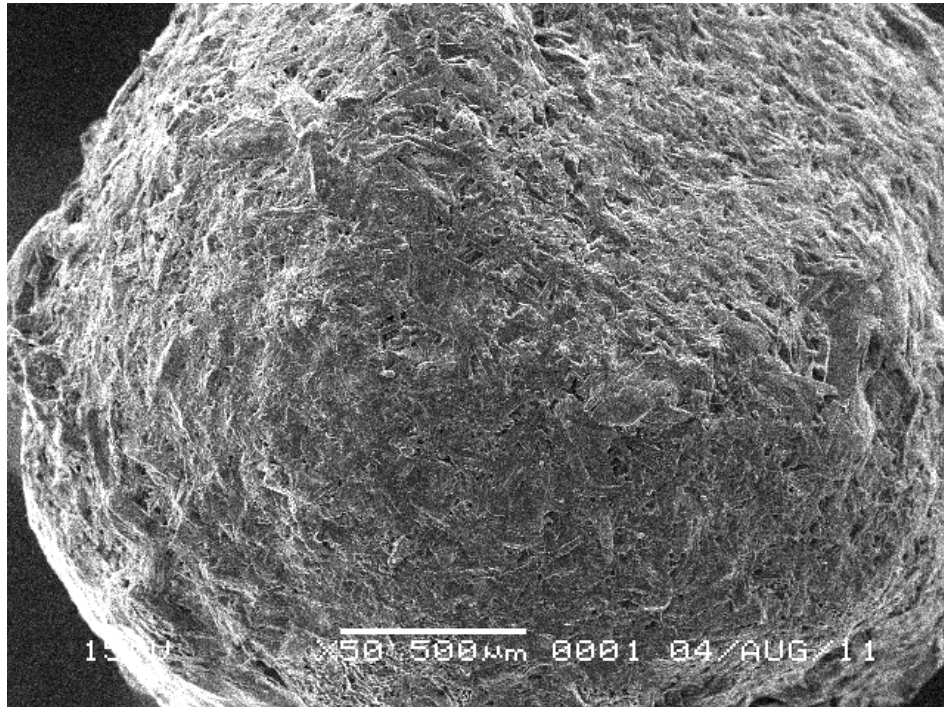
Pada gambar 4.12. Menunjukkan pengurangan persen pelapis terhadap kenaikan temperature bed. Pada polyacrylic/amilum (18/2 %) dengan suhu 35 °C persen pelapis pada 14,4 % dan terjadi penurunan persen pelapis pada suhu 55 °C 4,4 % sedangkan pada pelapis PVA/amilum (3/2 %) penurunan terjadi dari 5,2 % sampai 2,2 % terhadap kenaikan suhu. Berdasarkan analisa penelitian yang berhubungan terhadap pengaruh suhu dan mekanisme pertumbuhan menghasilkan dua jenis perubahan dalam ukuran menurut kisaran suhu. Pada suhu lebih rendah dari 100°C maka ukuran partikel akan menurun dengan menurunnya suhu (Salman, 2007). Pengurangan yang terjadi selama proses pengeringan akan mempengaruhi ikatan cairan dan dapat mempengaruhi persen pelapis.



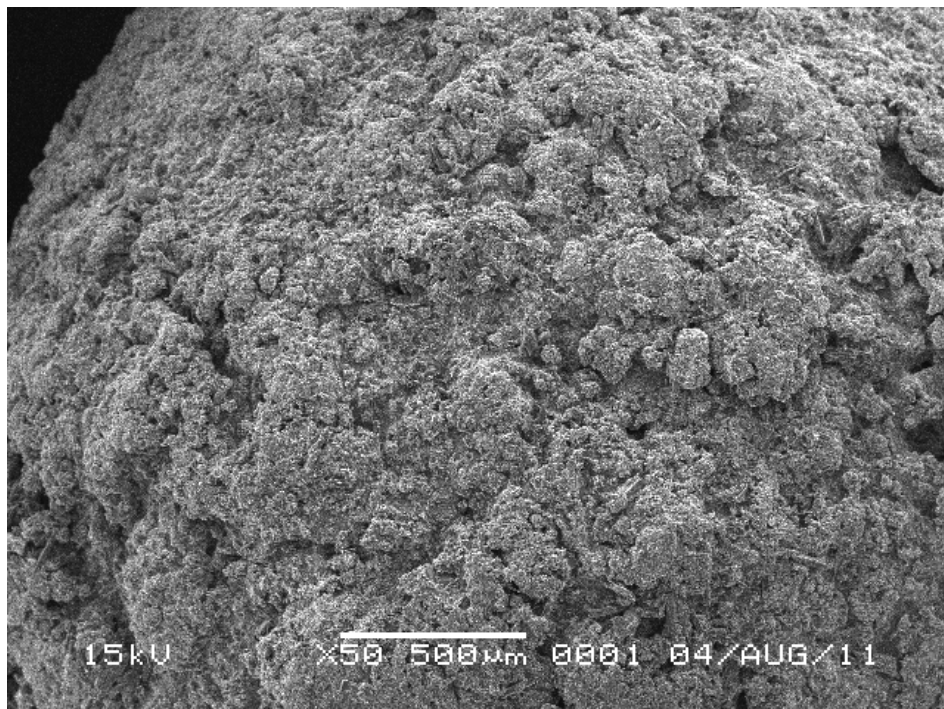
Gambar 4.12. Pengaruh variasi suhu bed dengan 18% polyacrylic dan 3% PVA terhadap persen pelapis

#### 4.4 Scanning Electron Microscopy (SEM)

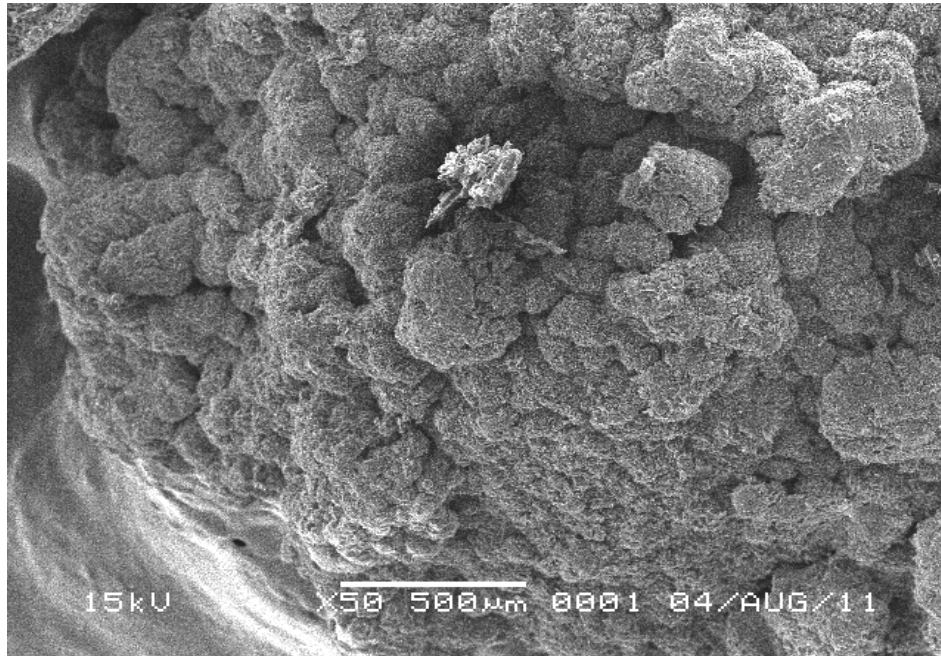
Tujuan analisa dengan menggunakan SEM adalah untuk mempelajari morfologi partikel yang terjadi baik pada urea tanpa pelapisan, urea terlapis amilum/polyacrylic maupun amilum/PVA. Lapisan luar urea maupun urea menggunakan pelapis diamati di bawah mikroskop optik dengan perbesaran 50x. pada gambar 4.13, 4.14 dan 4.15 terlihat jelas perubahan morfologi urea akibat pelapisan urea dengan pelapis yang berbeda. Pelapisan urea dengan menggunakan polyacrylic/amilum memberikan lapisan yang lebih seragam dibandingkan dengan pelapisan urea dengan PVA/amilum. Bentuk lapisan luar urea dengan pelapisan polimer lebih halus dan tebal ketika dibandingkan dengan urea. Hal ini yang menyebabkan turunnya nilai *dissolution rate* daripada urea biasa.



Gambar 4.13. Analisa SEM pada urea tanpa pelapisan



Gambar 4.14. Analisa SEM pada urea dengan pelapis Polyacrylic



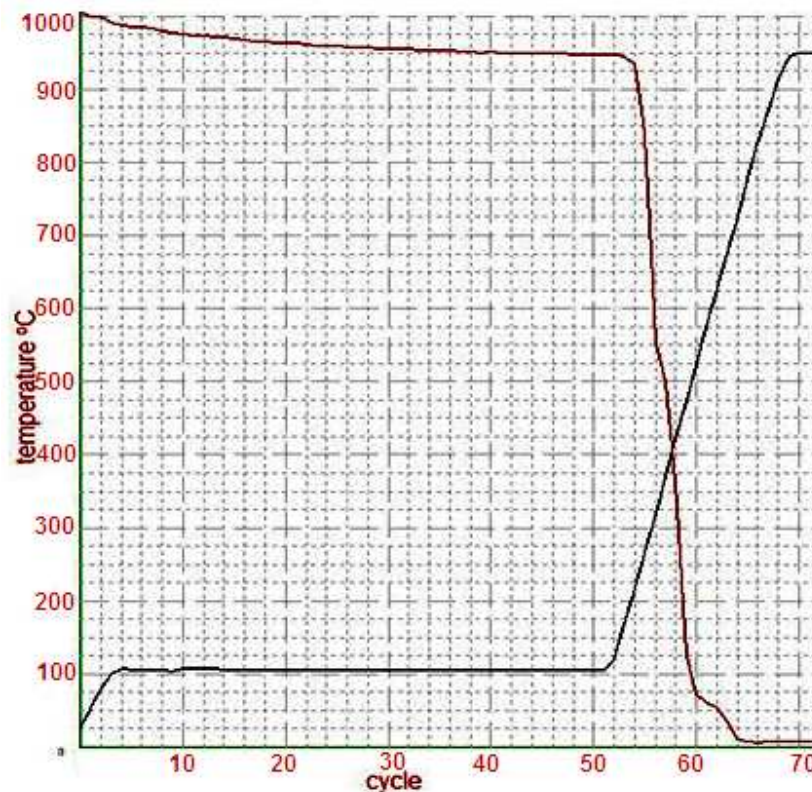
Gambar 4.15. Analisa SEM pada urea dengan pelapis PVA

#### 4.5 Thermogravimetry Analysis

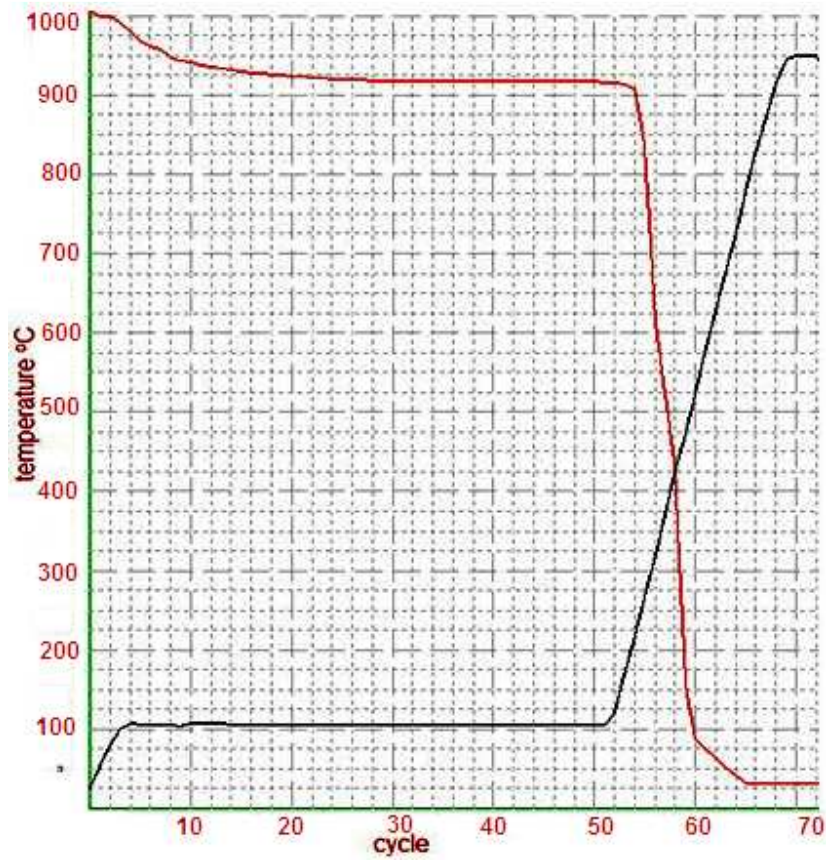
Suatu metoda yang digunakan untuk analisa perubahan berat sample berdasarkan panas. Perubahan berat sample terhadap waktu dicatat sebagai fungsi temperatur. Metoda analisa ini digunakan untuk menentukan kestabilan panas sample secara oksidatif. Pada gambar 4.16 sampai gambar 4.18 tidak ada perubahan berat yang signifikan pada suhu 130 °C. Namun karena terjadi peningkatan suhu penurunan berat urea meningkat secara substansial untuk seluruh pupuk yang terlapisi maupun yang tidak. Pada suhu 330 °C stabilitas panas oksidasi pupuk menurun dari urea>PVA>polyacrylic. Pada gambar menunjukkan 98 % berat urea hilang pada suhu 572 °C. sedangkan untuk polyacrylic dan PVA, pada suhu 900°C baru terjadi kehilangan 99% berat. Pelapisan dengan menggunakan senyawa yang bersifat biodegradasi lebih tinggi juga dapat menyebabkan kestabilan panas yang dihasilkan akan lebih stabil, senyawa-senyawa tersebut memiliki struktur kristal yang mana akan terdegradasi pada suhu lebih tinggi(Tudorachi, 2000). sehingga pada saat urea yang

terlapisi dengan polyacrylic maupun PVA penurunan berat sample secara signifikan ada suhu 900°C.

Fenomena diatas juga dapat dijelaskan pada penelitian lainnya dimana kestabilan panas urea berpelapis dibawah suhu 130 °C tidak terjadi penurunan berat dengan peningkatan temperature terjadi peningkatan pengurangan berat urea berpelapis yang mana disebabkan karena adanya sisa dari polimer atau adanya unsur-unsur seperti fosfor, kalium, kalsium, magnesium dan tembaga. Sedangkan nitrogen dari urea akan kehilangan banyak pada suhu yang lebih rendah(Hanafi, dkk., 2000).

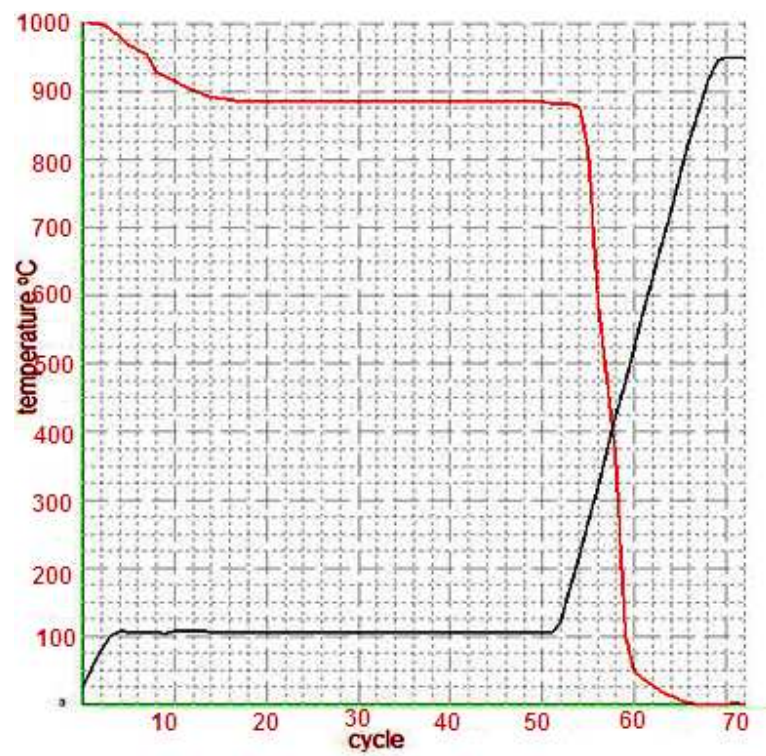


Gambar 4.16. Kurva TGA urea dengan pelapis PVA



Gambar 4.17. Kurva TGA urea dengan pelapis polyacrylic





Gambar 4.18. Kurva TGA urea tanpa pelapis

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari rangkaian hasil-hasil percobaan ini dapat disimpulkan bahwa variabel proses berpengaruh terhadap kualitas produk yang dihasilkan.

1. Dari hasil percobaan persen pelapis menurun dengan meningkatnya suhu udara pengering namun persen pelapis meningkat dengan meningkatnya konsentrasi PVA maupun polyacrylic
2. Untuk laju disolusi. Dengan meningkatnya variabel proses menyebabkan menurunnya laju disolusi produk karena dengan meningkatnya variabel proses menyebabkan meningkatnya persen pelapis sebagai lapisan pelindung.
3. Untuk persen dustiness, dustiness yang dihasilkan lebih rendah apabila operasi dilakukan pada suhu udara pengering yang lebih tinggi namun apabila semakin besar konsentrasi coating agent yang diterapkan menyebabkan dustiness yang didapat semakin besar
4. Produk memiliki karakteristik sebagai slow release fertilizer karena laju disolusi lebih rendah dibandingkan urea murni
5. Pelapisan dengan menggunakan senyawa yang bersifat biodegradasi tinggi memiliki stabilitas panas yang tinggi. Stabilitas panas menggunakan pelapis polyacrylic lebih baik dari pelapis PVA maupun tanpa pelapis.



## 5.2 Saran

Adapun saran-saran untuk aplikasi teknologi pada pembuatan polimer coated urea ini adalah:

1. Perlu adanya penelitian lanjutan guna mengkaji jenis pelapis yang berbeda terhadap kualitas produk
2. Perlu menggunakan metoda coating spray agar distribusi cairan pelapis lebih seragam
3. Sebaiknya dalam penelitian berikutnya dilakukan analisa *water absorbancy* juga dalam berbagai pH agar kondisi lingkungan maksimal dapat diketahui.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, J.; Pillai, V.N.R., (1996), Membrane-Encapsulated Controlled Release Urea Fertilizers Based on Acrylamide Copolymers, *Journal of Applied Polymer Science* 60, 2347–2351.
- Bakass, M., Mokhlisse, A., & Lallemant, M.,(2002), Absorption and Desorption of Liquid Water By A Superabsorbent Polymer: Effect of Polymer In The Drying of The Soil And The Quality Of Certain Plants. *Journal of Applied Polymer Science*, 83, 234–243.
- Blouin, G.M.; Rindt, D.W.; Moore, O.E. (1971), Sulfur-Coated Fertilizers for Controlled Release: Pilot Plant Production, *Journal Agricultural Food Chemistry*, 19(5), 801–808.
- Chen, Li.,Zhigang Xie., Xiuli Zhuang., Xuesi Chen., Xiabin Jing., (2008), Controlled Release of Urea Encapsulated by Starch-g-poly(L-Lactide), *Carbohydrat Polymer* 72, 342-348
- Coury, J.R.; M.L. Aguiar, (1995), Rupture of dry agglomerates, *Powder Technology*, 85, 37-43
- Dencs, B. and Z. Ormos., (1982), *Powder Technol*: pp. 31 85-99.
- Fessenden dan Fessenden, (1999), *Kimia Organik (Jilid 1)*, Jakarta : Penerbit PT Erlangga, hal 212-238.
- García, M.C.; Díez, J.A.; Vallejo, A.; García, L.; Cartagena, M.C., (1996), Use of Kraft Pine Lignin in Controlled Release Fertilizer Formulations, *Industrial Engineering Chemical Research*, 35, 245–249.
- Groenewold, H. and E. Tsotsas, (2007), Drying in Fluidized Beds with Immersed Heating Elements. *Chemical Engineering Science* 62: pp. 481-502.
- Hamelmann, F. and E. Schmidt., (2003), Methods of Estimating the Dustiness of Industrial Powders – A Review, Division of Safety Engineering/Environmental Protection, University of Wuppertal, Germany

- Hamelmann, F. and E. Schmidt., (2003), Methods of Estimating the Dustiness of Industrial Powders – A Review, Division of Safety Engineering/Environmental Protection, University of Wuppertal, Germany.
- Han, Xiazhao., Sensen Chen., Xianguo Hu., (2009), controlled Release Fertilizer Encapsulated by Starch/Polyvinyl Alcohol Coating, 240, 21-26  
<http://en.wikipedia.org/wiki/urea>
- Jacob, M., (2007), Granulation, in Salman, A.D., M.J. Hounslow, J-P-K. Seville, Handbook of Powder Technology Vol. 11, Granulation, Elsevier, UK
- Kastono dan Dody, (2005), Pengaruh Nomor Ruas Stek dan Dosis Pupuk Urea terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kumis Kucing, Jurnal Ilmu Pertanian, Vol.12 No.1, hal: 56-64
- Liang, Rui., Hongbo Yuan., Guoxi Xi., Qingxiang Zhou., (2009), Synthesis of Wheat Straw-g-poly(Polyacrylic Acid) Superabsorbent Composites and Release of Urea From it, Carbohydrate Polymer, 77, 181-187
- Liu, Y.H., T.J. Wang, L. Qin, Y. Jin (2008), Urea particle coating for controlled release by using DCPD modified sulfur, Powder Technology, 183, 88–93
- Lu, S.M., Lee, S.F., (1992), Slow release of urea through latex film”, Journal of controlled Release, 18,171-180.
- Mörl, L, S. Heinrich, and M. Peglow., (2007), Fluidized bed spray granulation, in Salman, A.D., M.J. Hounslow, J-P-K. Seville, Handbook of Powder Technology Vol. 11, Granulation, Elsevier, UK
- Palimbani, (2007), Mengenal pupuk urea, <http://pusri.wordpress.com/>
- P. G. Smith and A. W. Nienow., (1981), Proc. of Int. Symp. on Particle Technol., I. Chem. E. Symp. Ser., No. 63
- Posey, T and Hester, R.D., (1991), Developing a Biodegradable Film for Controlled Release of Fertilizer. Plastics Engineering, 50(1), 19–21.
- Rosselot, K.S. and D.T. Allen., (2002), Green Engineering: Environmentally Conscious Design of Chemical Processes, Prentice-Hall PTR. D.T. Allen and D.

- Shonnard, Life-Cycle Concepts, Product Stewardship, and Green Engineering  
Chapter 3, Upper Saddle River, N J.
- Saleh, K., R. Cherif, and M. Hemati., (1999), *Adv. Powder Technol.* 10 (3) 255-277.
- Saleh, K, P. Guigon (2007), Coating and encapsulation process in powder technology, in Salman, A.D., M.J. Hounslow, J-P-K. Seville, *Handbook of Powder Technology Vol. 11, Granulation*, Elsevier, UK
- Salman , A.D., J. Fua, D.A. Gorham , M.J. Hounslow. (2003), Impact breakage of fertiliser granules, *Powder Technology*, 130 , 359– 366 .
- Salman, O.A. (1988), Polymer Coating on Urea Prills to Reduce Dissolution Rate, *Journal Agricultural Food Chemistry*, 36, 616–621.
- Salman, O.A. (1989), Polyethylene-Coated Urea. 1. Improved Storage and Handling Properties. *Industrial Engineering Chemical Research*, 28, 630–632.
- Shaviv, A.; Mikkelsen, R.L. (1993), Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation—a review, *Fertilizer Research*, 35, 1–12.
- Suherman, M. Peglow, E. Tsotas, (2008) “On the Applicability of Normalization Drying Kinetics”, *Drying Technology - An International Journal*, Vol. 26, Issue 1
- Sullivan, T.A., W.C. McBee, D.D. Blue, (1975), Sulfur in coatings and structural materials, in: West J.R. (Ed.), *New Uses of Sulfur: Advances in Chemistry Series 140*, American Chemical Society, Washington, D. C., pp. 55–74.
- Tangboriboorant, P.; Sirichaiwat, C. (1996), Urea Fertilizer Encapsulation Using Natural Rubber Latex. *Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications*, 25(7), 340–346.
- Tomaszewska, Maria.; Anna Jarosiewicz, (2004), Polysulfone Coating with Starch Addition in CRF formulation. *Desalination* (163), 247-252
- Thind H. S., B. Singh, R.P.S. Pannu, Y. Singh, V. Singh, R.K. Gupta, M. Vashistha, J. Singh, A. Kumar, (2009) Relative performance of neem (*Azadirachta indica*)

coated urea vis-a-vis ordinary urea applied to rice on the basis of soil test or following need based nitrogen management using leaf colour chart, Nutr Cycl Agroecosyst, Springer.

Tudorachi N, C N Cascaval, (2000), Testing of Polyvinyl Alcohol and Starch Mixtures as biodegradable Polymeric Materials. Polimer Testing (19), 785-799.

V. Vanacek, M. Markvart, and R. Drbohlav (1966), Fluidised Bed Drying, Leonard Hill, London.

Vashishtha, M., P. Dongara , D. Singh (2010), Improvement in properties of urea by phosphogypsum coating, Int. J. of ChemTech Research, Vol.2, No.1, pp 36-44,

Wu, Lan., Mingzhu Liu., Rui Liang, (2008), Preparation and Properties of Double-coated slower-release NPK compound fertilizer with Superabsorbent and water retention, Bioresource Technology 99, 547-554.

Xiaohong Tian and Masahiko Saigusa, (2002), Merits, Utilization, Perspectives of controlled release Nitrogen Fertilizers", Tohoku Journal of Agr. Research, 52(3-4), 39-55.

Z. Ormos (1994), Powder Technology and Pharmaceutical Processes, in Amsterdam. D. Chulia, A. Deleuil, Y. Pourcelot, Handbook of powder technology Vol. 9, Elsevier.

## Lampiran

### Lampiran 1. Data dan Perhitungan Kualitas Produk

Tabel 1.1. Hasil Percobaan pelapisan urea menggunakan amilum-PVA -PEG

Run	Variabel				Dissolution rate dalam 50 ml	Dustiness	Persen Pelapis
	*PVA (% wt)	*Amilum (% wt)	Temperatur (°C)	*PEG (% wt)	(g/menit)	(%)	(%)
1	1	2	40	1	0,19763	0,20	1,80
2	2	2	40	1	0,17013	0,50	2,40
3	3	2	40	1	0,11325	0,60	4,60
4	4	2	40	1	0,09748	1,00	4,80
5	5	2	40	1	0,09526	1,50	5,20
6	3	0	40	1	0,16667	0,30	1,80
7	3	0,5	40	1	0,15547	0,50	3,20
8	3	1	40	1	0,12419	0,90	4,00
9	3	1,5	40	1	0,12148	1,00	4,40
10	3	2	35	1	0,07326	0,35	5,20
11	3	2	45	1	0,14594	0,50	4,00
12	3	2	50	1	0,15432	0,80	3,80
13	3	2	55	1	0,16578	0,90	2,60

\*% wt yang digunakan terhadap urea 100 gram

Tabel 1.2. Hasil Percobaan pelapisan urea menggunakan amilum-Polyacrylic -PEG

Run	Variabel				Dissolution rate dalam 50 ml	Dustiness	Persen Pelapis
	*Polyacrylic (%wt)	*Amilum (%wt)	Temperatur (°C)	*PEG (%wt)	(g/menit)	(%)	(%)
1	18	0	40	1	0,1563	0,20	1,60
2	18	0,5	40	1	0,1471	0,40	1,80
3	18	1	40	1	0,1282	0,65	3,80
4	18	1,5	40	1	0,1111	0,80	6,40
5	18	2	40	1	0,1000	0,40	12,80
6	18	2	35	1	0,0998	0,30	14,40
7	18	2	45	1	0,1429	0,40	10,80
8	18	2	50	1	0,1786	0,60	8,20
9	18	2	55	1	0,1923	0,70	4,40
10	16	2	40	1	0,1667	0,20	7,40
11	17	2	40	1	0,1613	0,30	10,40
12	19	2	40	1	0,0943	0,50	13,60
13	20	2	40	1	0,0926	1,00	14,10

\*% wt yang digunakan terhadap urea 100 gram

### 1.1 % Dustiness

$$\% \text{ Dustiness} = \frac{\text{berat awal}(M_o) - \text{berat akhir}(M_i)}{\text{berat awal}(M_o)} \times 100\%$$

Tabel 1.3. Data Perhitungan % Dustiness terhadap pelapis PVA dan polyacrylic

RUN	Analisa					
	Dustiness PVA			Dustiness Polyacrylic		
	Mo	Mi	% Dustiness	Mo	Mi	% Dustiness
1	10	9,98	0,2	10	9,98	0,2
2	10	9,95	0,5	10	9,96	0,4
3	10	9,94	0,6	10	9,935	0,65
4	10	9,9	1	10	9,92	0,8
5	10	9,85	1,5	10	9,96	0,4
6	10	9,97	0,3	10	9,97	0,3
7	10	9,95	0,5	10	9,96	0,4
8	10	9,91	0,9	10	9,94	0,6
9	10	9,9	1	10	9,93	0,7
10	10	9,97	0,35	10	9,98	0,2
11	10	9,95	0,5	10	9,97	0,3
12	10	9,92	0,8	10	9,95	0,5
13	10	9,91	0,9	10	9,9	1

### 1.2 Laju disolusi:

$$D = \frac{\text{berat urea (5 gr)}}{\text{waktu disolusi (menit)}}$$



Tabel 1.4. Data Perhitungan Laju Disolusi pelapis PVA dan polyacrylic

Run	Berat urea	Analisa pelapis PVA		Analisa Pelapis polyacrylic	
		waktu	Dissolution rate dalam 50 ml	waktu	Dissolution rate dalam 50 ml
	(gram)	(menit)	(gram/menit)	(menit)	(gram/menit)
1	5	25,3	0,19763	32	0,1563
2	5	29,39	0,17013	34	0,1471
3	5	44,15	0,11325	39	0,1282
4	5	51,29	0,09748	45	0,1111
5	5	52,49	0,09526	50	0,1000
6	5	30	0,16667	50,1	0,0998
7	5	32,16	0,15547	35	0,1429
8	5	40,26	0,12419	28	0,1786
9	5	41,16	0,12148	26	0,1923
10	5	68,25	0,07326	30	0,1667
11	5	34,26	0,14594	31	0,1613
12	5	32,4	0,15432	50,2	0,0943
13	5	30,16	0,16578	53	0,0926

### 1.3 Persen pelapis ( $\eta$ )

$$\eta = \frac{\text{berat kertas} + \text{pelapis (gr)} - \text{berat kertas (gr)}}{\text{berat awal urea (gr)}} \times 100\%$$

Tabel 1.5. Data Perhitungan Persen pelapis terhadap PVA dan polyacrylic

RUN	Berat awal Urea dalam 100 ml (gram)	Persen pelapis PVA			Persen Pelapis polyacrylic		
		Berat kertas (gram)	Berat kertas+pelapis (gr)	Persen pelapis (%)	Berat kertas (gr)	Berat kertas+pelapis (gr)	Persen pelapis (%)
1	10	0,22	0,4	1,8	0,25	0,41	1,6
2	10	0,23	0,47	2,4	0,23	0,23	1,8
3	10	0,24	0,7	4,6	0,22	0,22	3,8
4	10	0,22	0,7	4,8	0,24	0,24	6,4
5	10	0,24	0,76	5,2	0,2	0,2	12,8
6	10	0,24	0,42	1,8	0,23	0,23	14,4
7	10	0,22	0,54	3,2	0,22	0,22	10,8
8	10	0,23	0,63	4	0,23	0,23	8,2
9	10	0,23	0,67	4,4	0,21	0,21	4,4
10	10	0,24	0,76	5,2	0,23	0,23	7,4
11	10	0,23	0,63	4	0,24	0,24	10,4
12	10	0,23	0,61	3,8	0,22	0,22	13,6
13	10	0,26	0,52	2,6	0,23	0,23	14,1

## Lampiran 2. Metode Analisa Produk

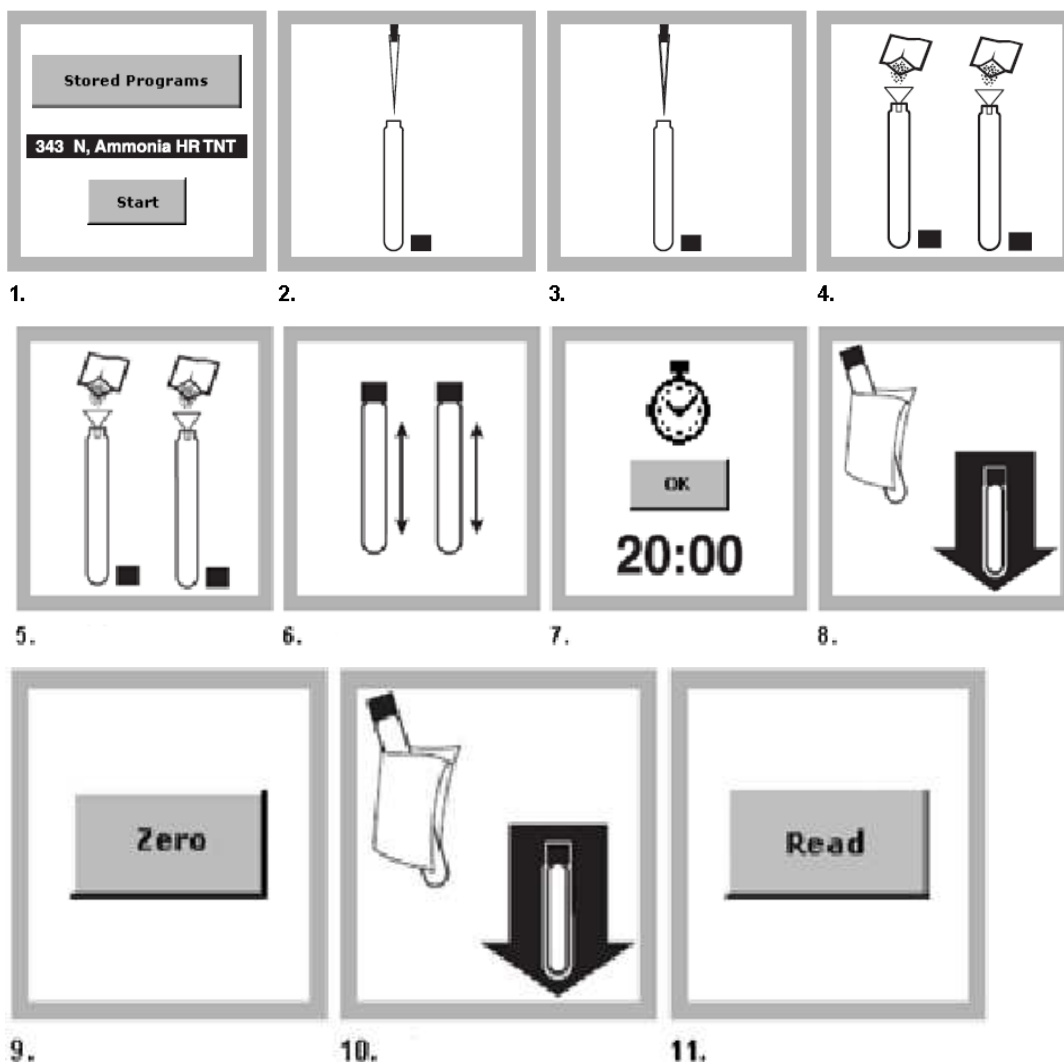
### 2.1 Analisa Spektrophotometri DR 2800

Tabel 2.1. Uji Analisa kandungan Nitrogen Ammonia ( $\text{N-NH}_3$ )

waktu	Konsentrasi (ppm) 1			Konsentrasi (ppm) 2			rata2 Konsentrasi (ppm)		
Menit	Urea	PVA	akrilik	Urea	PVA	akrilik	Urea	PVA	akrilik
1	99,3	55,6	21	99,2	55,7	21,2	99,25	55,65	21,1
30	82,1	74,7	33,4	82,3	74,8	33,4	82,2	74,75	33,4
60	42,9	108,1	100,4	43	108,2	100,8	42,95	108,15	100,6
90	40,3	100,3	89,2	40,4	100,4	89,4	40,35	100,35	89,3
120	12,8	99,1	87,2	12,9	99,2	87,5	12,85	99,15	87,35

Prosedur :

1. Pilih program test pada alat Spektrophotometer DR2800 343 N, Ammonia HR TNT
2. Persiapan *sample*: tambahkan 0,1 ml *sample* ke dalam AmVer<sup>TM</sup> Diluent Reagent Test 'N Tube
3. Persiapan Blank: tambahkan 0,1 ml air bebas ammonia ke dalam AmVer<sup>TM</sup> Diluent Reagent Test 'N Tube
4. Tambahkan *Ammonia Salicylate reagent Powder Pillow* pada masing-masing vial
5. Tambahkan *Ammonia Cyanurate reagent Powder Pillow* pada masing-masing vial
6. Tutup vial dan kocok sampai powder yang ditambahkan larut
7. Tekan timer 20 menit reaksi berlangsung
8. Bersihkan vial yang berisi *blank* dan tempatkan pada *cell holder*
9. Tekan tombol ZERO, menunjukkan 0,0 mg/l  $\text{N-NH}_3$
10. Bersihkan vial yang berisi *sample* dan tempatkan pada *cell holder*
11. Tekan tombol READ, menunjukkan hasil dalam mg/l  $\text{N-NH}_3$



## 2.2 Analisa TGA

Tabel 2.2 LAS NAVAS INSTRUMENT

### LAS NAVAS INSTRUMENT

BAHAN	Berat Awal (gr)	Berat pada $T = 227^{\circ}\text{C}$	Berat pada $T = 277^{\circ}\text{C}$	Berat pada $T = 330^{\circ}\text{C}$	Berat pada $T = 572^{\circ}\text{C}$	% pengurangan Berat pada $T = 227^{\circ}\text{C}$	% pengurangan Berat pada $T = 277^{\circ}\text{C}$	% pengurangan Berat pada $T = 330^{\circ}\text{C}$	% pengurangan Berat pada $T = 572^{\circ}\text{C}$
UREA	0.5004	0.4688	0.4185	0.2568	0.0030	6.3149	16.3669	48.6811	98.8318
AKRILIK	0.4269	0.3908	0.3521	0.2380	0.0576	8.4563	17.5217	44.2492	75.7983
PVA	0.4372	0.3821	0.3496	0.2310	0.0332	12.6029	20.0366	47.1638	85.6277

#### Prosedur:

1. Buka valves gas oksigen and nitrogen.
2. Check komputer, oven and printer telah nyala dan buka program "2000A" pada komputer.
3. Cek analyzer TGA telah siap digunakan yang ditandai dengan tidak nyalanya alarm.
4. Pilih program untuk analisa Pada layar computer klik tombol "WEIGHT": program akan bertanya jumlah samples/crucibles. Perlu diingat bahwa 0-crucible tidak dihitung sebagai sample. Kemudian beri nama setiap sample.
5. Buka lid dan program akan menunjukkan pada layar bahwa posisi crucible sample harus diletakkan. 0-crucible salah satunya. Setelah tiap crucible ditempatkan klik tombol "OK". Setelah crucible terakhir lid otomatis akan tertutup dan crucibles kosong akan ditimbang
6. Setelah crucibles kosong ditimbang maka lid akan terbuka dan program akan bertanya untuk menambahkan sample. Seluruh sample ditambahkan pada waktu yang sama. Jangan sekali-kali mengklik tombol "OK" sebelum ditambahkan

seluruh sample. NB. 0-crucible dibiarkan kosong! Perlu dicatat juga crucibles dihitung berdasarkan arah jarum jam.

7. Setelah tombol "OK" di klik lid akan tertutup dan sample akan ditimbang. Kemudian lid terbuka kembali dan tutup crucible ditempatkan. Setelah penimbangan tutup telah lengkap klik tombol "OK".
8. Kemudian klik tombol "EXECUTE"-untuk memulai analisa. Analisa akan berjalan secara otomatis.
9. Setelah analisa selesai, hasil akan otomatis tercetak.